

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ESTUDO MORFOLÓGICO DAS POPULAÇÕES DE *Melipona
quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE)
NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO ESTADO DA BAHIA**

LORENA ANDRADE NUNES

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
JANEIRO - 2008**

**ESTUDO MORFOLÓGICO DAS POPULAÇÕES DE *Melipona*
quadrifasciata anthidioides LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE)
NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO ESTADO DA BAHIA**

LORENA ANDRADE NUNES

Bióloga

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2005.

Dissertação submetida à Câmara de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof^o Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

N972 Nunes, Lorena Andrade

Estudo morfológico das populações de *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) na região semi-árida do estado da Bahia / Lorena Andrade Nunes - Cruz das Almas, BA, 2008.

67f.: il. tab. graf..

Orientador: Carlos Alfredo Lopes de Carvalho
Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2008.

1. Abelha sem-ferrão 2. Mandaçaia 3. Morfometria – abelha. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas II. Título.

CDD 20.ed. 638.12

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COMISSÃO EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DA ALUNA LORENA ANDRADE NUNES

Profº. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas - UFRB
(Orientador)

Prof. Dr. Edílson Divino de Araújo
Instituto de Tecnologia e Pesquisa - UNIT

Prof. Dr. Pitágoras da Conceição Bispo
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Ciências Agrárias
em
Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em

Aos meus amados pais, Carmem e Valdo;
À minha preciosa irmã, Elane;
Pelo apoio, amor, carinho, compreensão e respeito.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e pela capacidade concedida para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof^o Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho, pela amizade, ensinamentos, orientação e incentivo.

Ao Prof^o Edílson Divino de Araújo, pela amizade, convívio, ensinamentos e auxílio durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof^o Carlos Alberto da Silva Ledo e Prof^o Pitágoras da Conceição Bispo, pela amizade e auxílio no entendimento e realização das análises estatísticas.

À Prof^a Ana Maria Waldschmidt, pela amizade e por compartilhar os seus conhecimentos.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela oportunidade.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

À FAPESB pelo financiamento para a execução do trabalho.

Aos membros do grupo de Pesquisa Insecta pelo apoio e pelos momentos de descontração no qual estivemos juntos.

Aos estagiários do laboratório de Biologia Tropical do ITP-UNIT pelo auxílio e amizade.

Aos professores que contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal.

À Happy Family por me acolher, pela amizade, por ser minha família em Cruz das Almas e por todos os momentos de alegria, resenha e descontração “Uh! Happy Family”.

Ao GOU e ao Luz de Jesus que fizeram e fazem parte do meu crescimento espiritual.

A todos os meliponicultures que auxiliaram nas coletas e cederam as amostras para a realização da pesquisa.

Aos amigos e amigas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO	01
Capítulo 1	
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> LEPELETIER E <i>Melipona mandacaia</i> SMITH NO ESTADO DA BAHIA.....	08
Capítulo 2	
DIVERGÊNCIA POPULACIONAL BASEADA EM DADOS MORFOMÉTRICOS DE <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE) RESIDENTE NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DA BAHIA.....	21
Capítulo 3	
DISTÂNCIA MORFOGENÉTICA ENTRE POPULAÇÕES DE <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE) UTILIZANDO MORFOMETRIA GEOMÉTRICA	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS	67

ESTUDO MORFOLÓGICO DAS POPULAÇÕES DE *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE) NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO ESTADO DA BAHIA

Autora: Lorena Andrade Nunes

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo analisar de forma independente os tamanhos e as formas das asas anteriores e posteriores da *Melipona quadrifasciata*, espécie de abelha sem ferrão encontrada na região semi-árida da Bahia, a fim de fornecer informações que possam contribuir para o conhecimento das populações residentes na região semi-árida, subsidiando estudos sobre a preservação e criação desta espécie. O estudo foi realizado num período de março de 2006 a junho de 2007, utilizando 66 colônias oriundas de 24 municípios, um total de 16 medidas das asas anteriores e posteriores foram realizadas para a análise morfométrica convencional, sendo utilizadas análises multivariadas para medir simultaneamente as variáveis e a variabilidade dos dados. Para a análise da morfometria geométrica foram medidas as coordenadas de 12 marcos anatômicos nas asas anteriores e nove nas asas posteriores, realizando em seguida a análise da distância de forma de Procrustes. Pela análise de tamanho das asas verificou-se a existência de variação populacional, agrupando as colônias conforme a distribuição geográfica formando três distintos grupos, um formado por colônias que estão localizadas aproximadamente no Nordeste da Bahia, um segundo grupo por colônias distribuídas ao longo da região central da Bahia e o terceiro grupo, por colônias localizadas na região Sudoeste da Bahia. Realizou-se um teste de correlação parcial (teste de Mantel) entre matrizes de distâncias morfométricas e de altitude, retirando-se o efeito da distância geográfica, verificando que grande parte da variação morfométrica é influenciada pela altitude ($r=0,54$ $p>0.01$). Para análise de forma não foram encontrados diferenças significativas para a separação entre as colônias, isso pode estar correlacionado às restrições evolutivas relativas aos aspectos aerodinâmicos dessa estrutura para o voo.

Palavras-chave: abelha sem ferrão; mandaçaia; morfometria.

MORPHOLOGICAL STUDY OF *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER AND *Melipona mandacaia* SMITH (HYMENOPTERA: APIDAE) POPULATIONAL AT SEMI-ARID REGION IN STATE OF BAHIA, BRAZIL

Author: Lorena Andrade Nunes

Adviser: Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

ABSTRACT: This study aimed to examine in an independent manner, the sizes and shapes of fore and hind wings of *Melipona quadrifasciata*, species of stingless bee found in the semi-arid region of Bahia (Brazil), in order to provide information that may contribute to the preservation and creation this species. The study was conducted over a period from March 2006 to June 2007. They were used 66 colonies referring to 24 municipalities and 16 measures fore and hind wings for conventional morphometric analysis, multivariate analysis was performed to measure simultaneously the variables and the variability of the data. For morphometry geometric measures were the coordinates of 12 landmarks for the fore wings and 9 for the hind wings, making then the analysis of the distance the shape of Procrustes. For the analysis of the size it was found that there was variation of population, grouping the colonies as the geographical distribution forming three distinct of groups, one formed by colonies that are located around the Northeast of Bahia, a second group of colonies distributed throughout the central region of Bahia and the third group, in colonies located in the Southwest region of Bahia. Despite populations are structured geographically, was held a partial correlation test (Mantel test) between matrix of distances morphometric and altitude, removing the effect of geographical distance, it was found that much most of the variation is influenced by morphometric altitude ($r = 0.54$ $p > 0.01$). For analysis of shape were not found significant differences for the separation of the colonies, it may be linked to restrictions on the evolutionary aspects of the aerodynamic structure for the flight.

Key words: stingless bee; “mandaçaia”; morphometric.

INTRODUÇÃO

A evolução e a divergência das abelhas estão ligadas ao aparecimento das angiospermas a, aproximadamente, 120 milhões de anos (RAVEN et al., 2001). Estas plantas produzem flores com odor, forma e cor, além de recursos como néctar e pólen que atraem as abelhas. Esses insetos, por sua vez, são responsáveis pelo mecanismo de transferência de pólen entre as plantas (WINSTON, 2003).

Espécies vegetais que habitam ecossistemas naturais e agroflorestais dependem de polinizadores. As abelhas suprem um essencial serviço no ecossistema, pois realizam um cruzamento aberto e atuam na reprodução sexual de muitas espécies de plantas, beneficiando a sociedade pelo aumento da produtividade e contribuindo na manutenção das comunidades de animais associadas às comunidades de vegetais (EARDLEY et al., 2006).

As abelhas têm sido criadas principalmente para a produção de mel, cera, pólen e própolis. Entretanto, mais importante que a fabricação desses produtos é a polinização de várias espécies de plantas, que é considerado o principal benefício das abelhas em diversos ecossistemas (KEER, et al., 1996).

No Brasil, as abelhas são consideradas um dos organismos mais estudados. O país abriga um grande contingente de pesquisadores, que estudam os mais variados aspectos da vida desses insetos, como comportamento social, biologia da nidificação, fisiologia, morfologia, genética, ecologia, manejo e sistemática. Porém, ainda há muito a ser estudado devido à diversidade de espécies e de biomas brasileiros (SILVEIRA, et al., 2002).

As espécies de abelhas encontradas no Brasil merecem destaque especial pelo fato de terem recebido pouca atenção, considerando a sua importância para o equilíbrio

ambiental e a produção de frutos e sementes, uma vez que são responsáveis por 40 a 90% da polinização das árvores nativas (KERR et al. 1996). Estima-se que 60% dos alimentos vegetais utilizados pelo homem (frutas, legumes e sementes) são produzidos com o auxílio das abelhas (MORETI, 2005). Em termos globais, a contribuição dos polinizadores às principais culturas dependentes destes agentes alcança US\$ 54 bilhões de dólares por ano (FREITAS e IMPERATRIZ-FONSECA, 2005), o que torna necessário buscar uma forma de preservá-las e mantê-las na natureza.

O Brasil possui uma grande diversidade de espécies de abelhas nativas, entre as quais os meliponíneos tem apresentado um grande potencial produtivo de mel. Principalmente por estarem adaptadas às condições climáticas e florísticas, o mel destas abelhas tem um agradável aroma e sabor, características estas muito valorizadas no mercado, são também procurados por suas propriedades consideradas medicinais (SODRÉ et al., 2005).

Atualmente, o principal interesse pela criação racional de abelhas sem ferrão está na possibilidade de agregar valor na produção do pequeno produtor rural, especialmente no sistema de agricultura familiar, e no lazer que o manejo diário proporciona ao homem e a sua família, uma vez que esta atividade não apresenta risco de acidentes com enxames porque estas abelhas não ferroam (CARVALHO et al., 2003; 2005).

No Estado da Bahia destacam-se três espécies de melíponas: a uruçú (*Melipona scutellaris*) e duas mandaiaias (*Melipona quadrifasciata* e *Melipona mandacaia*), consideradas como produtoras de mel de odor pronunciado e sabor refinado. A *M. quadrifasciata* Lepeletier e a *M. mandacaia* Smith são encontradas em regiões de clima mais seco no Estado (CARVALHO et al., 2003).

Melipona mandacaia é uma abelha endêmica da Região Nordeste e segundo Waldschmidt (2002), ocorre em áreas de caatinga, regiões caracterizadas por temperatura altas e escassas precipitações, abrangendo o denominado polígono da seca. Ainda é uma espécie pouco estudada, possivelmente devido a sua região de ocorrência.

Melipona quadrifasciata Lepeletier., encontrada no território brasileiro ao longo da costa, desde a Paraíba até o Rio Grande do Sul (MOURE e KEER, 1950), habitando

originalmente as regiões de Mata Atlântica. Esta espécie possui coloração negra, e, cerca de 11 mm de comprimento, com populações coloniais entre 500 a 900 indivíduos (GUIBU et al., 1988), além de apresentar excelentes características para criação racional, por ser uma abelha dócil e com grande incidência em várias regiões do país (MONTEIRO, 2000).

As mandaçaias constroem seus ninhos em ocos de árvores (CAMARA et al., 2004), são comumente criadas em cortiços e/ou caixas racionais na região de ocorrência (CARVALHO et al., 2003). A entrada do ninho é construída com geoprópolis (mistura de barro com resina de plantas), a parte externa do orifício de entrada possui sulcos radiais com diâmetro suficiente para a passagem de uma única abelha por vez.

Com características adequadas para a criação racional, ambas as espécies se destacam por serem consideradas como abelha dócil, de mel saboroso e com produtividade elevada, quando comparada com outras espécies de meliponíneos (MONTEIRO, 2000; ALVES et al., 2006).

Guibu et al. (1988) verificaram que as famílias vegetais mais visitadas por abelhas mandaçaias para a coleta de pólen e néctar foram Leguminosae, Melastomataceae, Myrtaceae e Solanaceae. Carvalho et al. (2006) observaram, a partir de análise polínica do mel, que as espécies vegetais mais visitadas pela *M. quadrifasciata* no Recôncavo da Bahia pertencem às famílias Mimosaceae, Myrtaceae e Solanaceae, contribuindo de forma significativa na formação do mel e produção polinífera.

O mel produzido pela *M. quadrifasciata* é procurado pelo seu agradável sabor, em ambiente natural ela pode produzir de 1,5 a 2,0 litros de mel em boa florada, e criada racionalmente este valor pode aumentar (MONTEIRO, 2000), desta forma, uma boa alternativa para a obtenção de lucro, é criação racional desta espécie.

Considerando a importância dessas espécies de abelhas sem ferrão, tanto ambiental como econômica, diversos estudos tem sido desenvolvidos sobre as populações locais, gerando importantes informações sobre migração, colonização, fragmentação de habitats e conservação da biodiversidade (ARAÚJO et al., 2004). Na caracterização das populações de abelhas tem sido utilizados estudos morfométricos como ferramentas importantes na discriminação e identificação das diferenças e

semelhanças entre as colônias nas diferentes localizações geográficas de sua distribuição (DINIZ-FILHO e MALASPINA, 1995; DINIZ-FILHO, et al. 1998; WALDSCHMIDT, 1999; BAYLAC et. al., 2003; ARAÚJO, et al., 2004; FRANCOY et al., 2006).

Neste sentido, este trabalho buscou resolver questões relacionadas com a população de *M. quadrifasciata anthidioides* residente no estado da Bahia, tais como: qual a distribuição geográfica de *M. quadrifasciata anthidioides* no Estado da Bahia e qual o seu limite com *M. mandacaia*? Há divergência populacional de *M. quadrifasciata anthidioides* oriundas de diferentes localidades da região semi-árida da Bahia?

O estudo foi dividido em três Capítulos, a seguir discriminados:

Capítulo 1: Distribuição Geográfica de *Melipona quadrifasciata anthidioides* e *Melipona mandacaia* no Estado da Bahia;

Capítulo 2: Divergência populacional baseada em dados morfométricos de *Melipona quadrifasciata anthidioides*. (Hymenoptera: Apidae) residente na região semi-árida da Bahia;

Capítulo 3: Distância morfogenética entre populações de *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Hymenoptera: Apidae) utilizando morfometria geométrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. M. O. et al. . Espectro polínico de amostras de mel de *Melipona mandacaia*. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 28, p. 66-70, 2006.

ARAÚJO, E. D. et al. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): Interference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology**, v.64, n.3B, p. 563-368, 2004.

BAYLAC, M. et.al. Combining geometric morphometric with pattern recognition for the investigation of species complexes. **Biological Journal of the Linnean Society**, v.80, n.1, p.89–98, 2003.

CAMARA, J.Q. et al. Estudo de meliponíneos, com ênfase a *Melipona subnitida* D. no município de Jandaíra, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.4, n.1, p.1-6, 2004.

CARVALHO, C. A. L. de et al.. **Criação de abelhas sem ferrão: aspectos práticos**. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI, 2003. 42 p. (Série Meliponicultura – 01).

_____. **Mel de abelhas sem ferrão: contribuição para a caracterização físico-química**. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI, 2005. 32p. (Série Meliponicultura - 4).

_____. Fontes Nectaríferas e poliníferas utilizadas por *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) no Recôncavo Baiano. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 18, n. 4, p.249-256, 2006.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; MALASPINA, O. Evolution and population structure of Africanized Honey Bees in Brazil: Evidence from spatial analysis of Morphometric data. **Evolution**, v.49 n.6, p. 1172-1179, 1995.

DINIZ-FILHO, J. A. F. et al. Geographic variation of *Tetragonisca angustula angustula* Latreille (Hymenoptera, Meliponinae) in central and southeastern Brazil. **Naturalia** v.23, p.193-203, 1998.

EARDLY, C. E. et al. **Pollinators and pollination**. A resource book for policy and practice. First edition, Published by the African Pollinator Initiative (API), p.77, 2006.

FRANCOY, T. M. et al. Morphometric differences in a single wing cell can discriminate *Apis mellifera* racial types. *Apidologie*. v. 37, n. 1, p. 91-97, 2006.

FREITAS, B.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. A Importância Econômica da Polinização. **Mensagem Doce**. n. 80, p. 44-46, 2005.

GUIBU, L. S. et al. Exploração de Recursos Florais por colônias de *Melipona quadrifasciata* (Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.48, n.2, p. 299-305, 1988.

KERR, W. E. et al. **Abelha Urucu. Biologia, Manejo e Conservação**. Belo Horizonte-MG, Ancajú, 1996, 143p.

MONTEIRO, W. R. Meliponicultura (Criação de abelhas sem ferrão). **Mensagem Doce**, v. 57, p. 1517, 2000.

MORETI, A. C. C. C. Polinização: o principal produto das abelhas. In: CONGRESSO BAIANO DE APICULTURA E MELIPONICULTURA E III FEIRA ESTADUAL, 3. 2005, Vitória da Conquista-BA. **Anais...** Vitória da Conquista: SEAGRI, p. 28-63, 2005.

MOURE, J. S.; KERR, W. E. Sugestões para modificação da sistemática do gênero *Melipona* (Hymenoptera, Apoidea). **Dusenía**, v.18, p. 105-29, 1950.

RAVEN, P. H. et al. **Biologia Vegetal**, Ed Guanabara/Koogan, 6ª Edição, 2001, p. 510-519.

SILVEIRA, F.A. et al. **Abelhas brasileiras Sistemática e Identificação**. 1ª edição. Belo Horizonte, 2002, 253p.

SODRÉ, G. S. et al. Qualidade de mel de abelhas sem ferrão. In: CONGRESSO BAIANO DE APICULTURA E MELIPONICULTURA E III FEIRA ESTADUAL, 3., 2005, Vitória da Conquista-BA. **Anais...** Vitória da Conquista: SEAGRI, p. 12-21, 2005.

WALDSCHMIDT, A. M. **Análises Genética e Morfométrica de Populações de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Hymenoptera: Apidae; Meliponinae)**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999, 120p.

WALDSCHMIDT, A. M. et al. Genetic analysis of *Melipona quadrifasciata* Lep. (Hymenoptera: Apidae, Meliponinae) with RAPD markers. **Brazilian Journal of Biology**, v.62, n.4B, p. 923-928, 2002.

WINSTON, M. L. **A Biologia da Abelha**. Porto Alegre: Editora Magister, 2003, 276p.

CAPÍTULO 1

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER E *Melipona mandacaia* SMITH NO ESTADO DA BAHIA ¹

¹Manuscrito a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Neotropical Entomology

**DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE *Melipona quadrifasciata anthidioides*
LEPELETIER E *Melipona mandacaia* SMITH NO ESTADO DA BAHIA**

RESUMO

Melipona quadrifasciata anthidioides e *Melipona mandacaia* ocorrem no Estado da Bahia, embora não seja conhecida a sua distribuição geográfica. O estudo foi realizado durante os anos de 1999 a 2007 em diferentes regiões do Estado da Bahia, com o objetivo de identificar a área de distribuição das espécies de mandaçaias no Estado da Bahia. Incursões foram realizadas para identificação in locu das espécies em diferentes regiões do Estado. A distribuição das mandaçaias está correlacionada com o tipo climático e a temperatura. *M. mandacaia* ocorre em áreas mais secas e com temperatura elevada, enquanto a *M. q. anthidioides* em áreas mais úmidas e com temperatura amenas. Há uma elevada probabilidade de encontrar apenas uma das espécies na maioria das áreas amostradas. Ambas espécies separam-se geograficamente ao longo do semi-árido da Bahia conforme, clima, vegetação, relevo, sendo que a maior contribuição para essa dissimilaridade é a Serra do Espinhaço, cadeia montanhosa que se distribui ao longo da região central da Bahia até Minas Gerais.

PALAVRAS-CHAVE: Abelhas sem ferrão, Meliponina, Biogeografia.

**DISTRIBUTION GEOGRAPHIC OF *Melipona quadrifasciata anthidioides*
LEPELETIER AND *Melipona mandacaia* SMITH IN BAHIA STATE, BRAZIL**

ABSTRACT

Melipona quadrifasciata anthidioides and *Melipona mandacaia* occur in the state of Bahia/Brazil. However, it is not known its geographical distribution. The study was conducted during the years of 1999 to 2007 in different regions of the state of Bahia, with the goal of identifying the area of distribution of the species of mandaças in the state of Bahia. Incursions were held for identification *in locu* of species in different regions of the state. The distribution of mandaças is correlated to the climate type and temperature. *M. mandacaia* occurs in more drought areas and with high temperature, meanwhile *M. q. anthidioides* occurs in more humid areas and with cool temperature. The high negative correlation between both species confirms the tendency of finding only one species on most of the sampled areas. Both species are geographically separated along Bahia's semi-arid areas, by several factors like climate, vegetation, relief, contributing to this segregation the dissimilarity of the Espinhaço's mountain range, mountainous chain which distributes itself along Bahia's central region up to Minas Gerais.

KEY-WORDS: Stingless bee, Meliponina, Biogeography.

INTRODUÇÃO

A co-ocorrência de diferentes espécies numa determinada localidade deve seguir a alguma das seguintes condições básicas: a) a utilização de diferentes recursos ambientais, b) diferentes modos de utilização dos mesmos recursos ou c) a exploração de recursos similares muito abundantes, quando a atividade exploratória estiver muito abaixo da capacidade de suporte do ambiente (PIANKA, 1994).

Comunidades biológicas são sistemas abertos resultantes de diversos processos que atuam em escalas distintas (RICKLEFS e SCHLUTER, 1993). Espécies que co-habitam uma área podem ser investigadas por meio da associação entre elas, que pode ser positiva ou negativa, dependendo da atração ou repulsão entre os indivíduos das diferentes espécies (TAYLOR e TAYLOR, 1977), ou ainda, como resultado de respostas semelhantes ou contrárias às condições ambientais locais (LUDWIG e REYNOLDS, 1988).

Os insetos podem desempenhar papéis-chave nos ecossistemas, tais como: ciclagem de nutrientes e fluxo de energia, decomposição, polinização, dispersão, regulação populacional de diversos organismos (PRICE, 1984). Os insetos sociais, particularmente, representam uma grande parcela da biomassa dos ecossistemas (WILSON, 2000) e a dinâmica colonial e o grau de associação das diferentes espécies desses insetos pode influenciar na distribuição espacial das colônias e, conseqüentemente, na forma de exploração de recursos ambientais.

Estudos sobre a fauna de abelhas da caatinga têm revelado idiosincrasias, como espécies endêmicas e interações específicas com sua flora, além de informações relevantes para o conhecimento biogeográfico da fauna das abelhas neotropical (ZANELLA e MARTINS, 2003).

Contudo, atividades antrópicas têm promovido alterações em diversos habitats, promovendo a destruição de locais usados para a nidificação, comprometendo a diversidade de espécies, reduzindo a disponibilidade dos recursos tróficos, o que pode levar a perda de colônias naturais (CARVALHO et al., 2003; ALVES, 2004).

Melipona quadrifasciata Lep. é uma espécie de abelha sem ferrão encontrada no território brasileiro, ao longo da costa litorânea, desde a Paraíba até o Rio Grande do Sul, habitando originalmente as regiões de Mata Atlântica (MOURE e KEER, 1950).

Compreende duas subespécies, *M. quadrifasciata quadrifasciata* e *M. quadrifasciata anthidioides*, que são reconhecidas morfologicamente pelo padrão das bandas terciais (listras amarelas no abdome) (MORETO e ARIAS, 2005). A diferença entre as subespécies são as bandas terciais amarelas e contínuas (três a cinco bandas do 3º ao 6º segmento em operárias e machos de *M. quadrifasciata quadrifasciata*, e

bandas interrompidas (de duas a cinco bandas), em *M. quadrifasciata anthidioides* (SCHWARZ, 1948).

Bastante conhecida no Estado da Bahia, a mandaçaia é criada em vários municípios da região semi-árida, o que muitas vezes é confundida com uma outra espécie, que também recebe o mesmo nome comum, a *M. mandacaia* (CARVALHO et al., 2003). Segundo Waldschmidt (2002), *M. mandacaia* é uma espécie endêmica do Nordeste, ocupa áreas com vegetação de caatinga, caracterizada por temperaturas altas e escassez de precipitações pluviométricas, abrangendo o denominado polígono da seca.

Considerando a importância dessas duas espécies de mandaçaia para o desenvolvimento da meliponicultura, este trabalho teve como objetivo conhecer a distribuição geográfica de *M. quadrifasciata anthidioides* no Estado da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Entre os anos de 1999 e 2007 incursões em diferentes regiões do Estado da Bahia foram realizadas com o objetivo de identificar as espécies de mandaçaias criadas de forma tradicional ou racional. Nos últimos quatro anos entrevistas com meliponicultores e coleta de indivíduos diretamente em colônias e esporadicamente em flores, foram realizadas para complementar os dados de distribuição geográfica das espécies de mandaçaia que ocorrem na Bahia.

As informações obtidas sobre a presença ou ausência das espécies de mandaçaia, assim como, as compiladas sobre as características biogeográficas das localidades visitadas, foram tabuladas e inseridas na base de dados do Laboratório de Entomologia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Um número superior a 85 municípios, foi percorrido durante as visitas de campo, ao longo do período de oito anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies de mandaçaia que ocorrem na Bahia (Figura 1) são encontradas na zona semi-árida do Estado e apresentam distribuição distinta, isto é, ocorrem em áreas separadas por uma cadeia montanhosa conhecida como Serra do Espinhaço, local onde pode ser encontradas ambas as espécies.

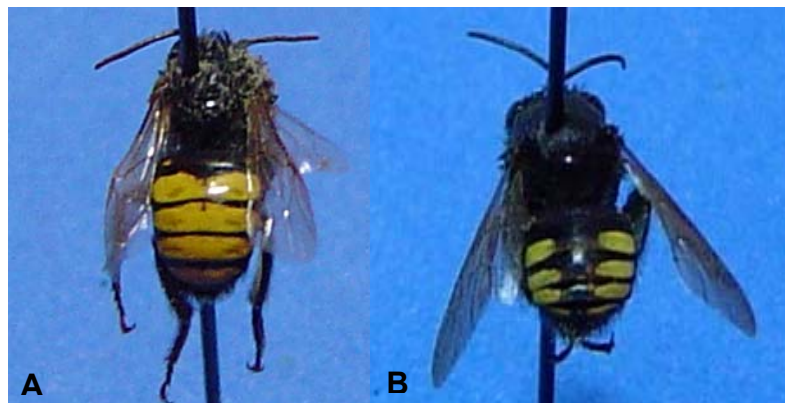


Figura 1. Espécies de mandaçaia que ocorre na Bahia: (A) *Melipona mandacaia* e (B) *Melipona quadrifasciata*.

O “greenstone”, que se encontra ao longo da Bahia (Serra do Espinhaço), é composto de várias serras como as encontradas na Chapada Diamantina que é composta pela Serra do Sincorá, a Serra do Tombador, Serra do Rio de Contas (Pico das Almas), a Serra de Jacobina e as Serra do São Francisco no município de Sento Sé localizadas ao norte da Bahia nas proximidades de Juazeiro (DAVIS et al., 1997 apud MELO, 2000). Estas cadeias montanhosas podem estar contribuindo para a distribuição geográfica destas espécies de abelhas sem ferrão na Bahia.

A presença natural das duas espécies em uma mesma área é pouco comum, isto é, a possibilidade de se encontrar apenas uma das espécies é altamente significativa ($\chi^2_{\text{calc}} = 6,78$; $\chi^2_{\text{tab}} = 6,67$; $p = 0,01$).

A espécie *M. mandacaia* possui uma maior restrição na sua distribuição ao longo da Bahia em altitude e em clima, sendo encontrada em locais com altitude variando entre 243m (Paulo Afonso) a 920m (Gentio de Ouro), sendo que a grande maioria tem sido encontrada em altitudes variando entre 400 e 600 metros.

Melipona mandacaia é encontrada em regiões mais quentes onde o clima varia entre subúmido-seco a árido, nas colônias encontradas em altitudes mais elevadas percebeu-se que não há uma grande variação climática (Tabela 1). A co-ocorrência destas espécies em algumas localidades provavelmente seja pela utilização dos mesmos recursos ou a exploração de recursos similares muito abundantes.

Melipona quadrifascita anthidioides possui uma maior amplitude de localização comparada com a *M. mandacaia*, sendo encontradas em regiões em que a altitude varia de 132m (Cipó) a 1011m (Morro do Chapéu). Essas abelhas são mais resistentes a diferenças de altitudes e de clima, podendo ser encontradas em climas úmidos até climas áridos (Tabela 2). É possível encontrar *M. q. anthidioides* em regiões fora da faixa do semi-árido na Bahia, como nas regiões de Barreiras, Correntina, Santa Maria da Vitória, Aramari, Coração de Maria e São Gonçalo dos Campos (Figura 2).

A distribuição das mandaçaias está correlacionada com o tipo climático e a temperatura. *Melipona mandacaia* ocorre em áreas mais secas e com temperatura elevada, enquanto que *M. q. anthidioides* em áreas mais úmidas e com temperatura amenas. A elevada correlação negativa entre ambas as espécies confirmam a tendência de se encontrar apenas uma das espécies na maioria das áreas amostradas.

A ocorrência de ambas as espécies foi constatada nos municípios de Ipupiara, Lapão, Orolândia e Jeremoabo (Tabelas 1 e 2). Mesmo nesses casos, *M. mandacaia* foi encontrada nas áreas mais secas e quentes desses municípios, enquanto que *M. q. anthidioides*, foi observada nas partes com temperatura mais amena, normalmente em áreas de maior altitude.



Figura 2 - Distribuição de *Melipona quadrifasciata anthidioides* e *Melipona mandacaia* no Estado da Bahia (mapa adaptado da SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia)

Tabela 1 - Origem, altitude, coordenadas geográficas, clima e temperatura em diferentes municípios com a ocorrência de *Melipona mandacaia* no Estado da Bahia.

Municípios	ALTITUDE (m)	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	CLIMA	TEMPERATURA (Média °C)
Campo alegre de Lourdes	477	09°30'56"	43°00'40"	semi árido	26,3
Pilão Arcado	394	10°00'11"	42°30'16"	semi árido	26,5
Remanso	388	09°37'18"	42°04'53"	árido	26,4
Buritirama	492	10°42'28"	43°37'50"	semi árido	26,2
Barra	406	11°05'22"	43°08'30"	semi árido	19,5
Gentiu do Ouro	920	11°25'44"	42°30'10"	semi árido	20,9
Morpará	405	11°33'31"	43°16'51"	subúmido a seco	26,0
Brotas de Macaúbas	792	11°59'56"	42°37'33"	semi árido	21,9
Muquém do São Francisco	560	12°11'55"	43°49'58"	subúmido a seco	25,7
Ibotirama	419	12°11'07"	43°13'14"	semi árido	25,6
Paratinga	425	12°41'26"	43°11'03"	subúmido a seco	25,3
Bom Jesus da Lapa	436	13°15'18"	43°25'05"	semi árido	24,9
Serra do Ramalho	438	13°33'45"	43°35'48"	subúmido a seco	24,9
Casa Nova	397	09°09'43"	40°58'15"	árido	25,8
Sento Sé	410	09°44'45"	41°53'07"	semi árido	26,3
Umburanas	692	10°43'58"	41°19'35"	árido	22,7
Xique-Xique	402	10°49'18"	42°43'52"	semi árido	25,6
Jussara	620	11°02'49"	41°58'10"	subúmido a seco	23,8
América Dourada	666	11°27'19"	41°26'10"	semi árido	23,0
Ourolândia	560	10°58'13"	41°04'59"	árido	23,5
Chorrochó	350	08°58'47"	39°05'47"	semi árido	25,2
Macureré	357	09°10'03"	39°03'27"	árido	24,9
Santa Brígida	317	09°44'10"	38°07'40"	árido	24,6
Jermoabo	275	10°04'30"	38°28'51"	semi árido	24,6
Monte Santo	489	10°26'16"	39°19'58"	árido	23,2
Uauá	439	09°50'29"	39°28'54"	semi árido	24,2
Paulo Afonso	243	09°24'22"	38°12'53"	semi árido	25,0
Irecê	692	11°18'15"	41°51'21"	semi árido	22,9
Juazeiro	368	09°24'42"	40°29'55"	árido	26,1
Abaré	318	08°43'13"	39°06'50"	semi árido	25,5
Lapão	775	11°23'00"	41°49'55"	semi árido	22,3
Ipupiara	731	11°49'13"	42°36'51"	semi árido	23,3
				subúmido a seco	

Fonte: www.sei.ba.gov.br

Tabela 2 - Origem, altitude, coordenadas geográficas, clima e temperatura em diferentes municípios com a ocorrência de *Melipona quadrifasciata anthidioides* no Estado da Bahia.

Municípios	ALTITUDE (m)	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	CLIMA	TEMPERATURA (Média °C)
Guanambi	530	14°13'24"	42°46'53"	semi árido subúmido a seco	24,3
Seabra	812	12°25'07"	41°46'13"	subúmido a seco	21,9
Novo Horizonte	835	12°48'30"	42°10'04"	subúmido a seco	21,4
Macaúbas	697	13°01'10"	42°41'55"	semi árido subúmido a seco	23,2
Botuporã	685	13°22'54"	42°31'21"	semi árido subúmido a seco	23,4
Contendas do Sincora	291	13°45'46"	41°02'28"	semi árido	24,3
Caetité	824	14°04'10"	42°28'30"	subúmido a seco semi árido	21,8
Senhor do Bonfim	538	10°27'41"	40°11'22"	semi árido subúmido a seco	23,4
Campo Formoso	556	10°30'27"	40°19'17"	semi árido	22,9
Ouroândia	560	10°58'13"	41°04'59"	árido semi árido	23,5
Jacobina	463	11°10'50"	40°31'06"	semi árido	23,7
Capim Grosso	416	11°22'52"	40°00'46"	semi árido	23,8
Morro do Chapéu	1.011	11°33'00"	41°09'22"	subúmido a seco semi árido	19,7
Cafarnaum	770	11°41'37"	41°28'06"	subúmido a seco semi árido	22,2
Souto Soares	620	12°05'19"	41°38'16"	subúmido a seco semi árido	21,7
Iraquara	687	12°14'55"	41°37'10"	subúmido a seco semi árido	22,6
Jaguarari	662	10°15'50"	40°11'45"	semi árido	22,4
Cansanção	395	10°40'02"	39°29'57"	árido semi árido	24,0
Itiúba	377	10°41'30"	39°51'13"	semi árido árido	24,3
Jeremoabo	275	10°04'30"	38°28'51"	semi árido árido	24,6
Antas	510	10°24'00"	38°20'00"	subúmido a seco semi árido	23,2
Euclides da Cunha	472	10°30'27"	39°00'57"	subúmido a seco úmido	23,4
Cícero Dantas	436	10°36'00"	38°23'00"	subúmido a seco árido	23,2
Quijingue	352	10°45'09"	39°12'33"	semi árido semi árido	24,2
Tucano	209	10°57'47"	38°47'12"	subúmido a seco semi árido	25,0
Cipó	132	11°05'59"	38°30'49"	semi árido	25,3
Nova Soure	169	11°14'00"	38°29'00"	semi árido	25,2
Araci	272	11°20'00"	38°58'00"	semi árido	24,8
Teofilândia	192	13°36'06"	39°29'29"	úmido a subúmido semi árido	23,6
Barrocas	360	11°31'40"	39°04'40"	subúmido a seco semi árido	23,4
Serrinha	379	11°39'51"	39°00'27"	subúmido a seco	23,4
Biritinga	249	11°37'00"	38°48'00"	semi árido	24,1
Mundo Novo	604	11°51'32"	40°28'21"	subúmido a seco	23,5
Rui Barbosa	368	12°17'02"	40°29'38"	semi árido	24,2
Itaberaba	265	12°31'39"	40°18'25"	semi árido	24,6
Iaçú	242	12°46'02"	40°12'42"	semi árido	24,4
Aramari	394	12°04'54"	38°29'57"	subúmido a seco úmido	23,6
Coração de Maria	240	12°14'00"	38°45'00"	subúmido a seco úmido	23,4
São Gonçalo dos Campos	234	12°26'00"	38°58'00"	subúmido a seco úmido	23,4
Castro Alves	278	12°45'56"	39°25'42"	semi árido subúmido a seco	23,8

Milagres	419	12°52'12"	39°51'32"	semi árido	23,1
Santa Inês	398	13°17'32"	39°49'08"	subúmido a seco úmido	22,8
Maracás	964	13°26'28"	40°25'51"	semi árido subúmido a seco	19,4
Itiruçu	820	13°31'54"	40°09'01"	semi árido subúmido a seco	20,4
Lafaiete Coutinho	558	13°39'21"	40°12'45"	semi árido subúmido a seco	22,4
Jequié	215	13°51'27"	40°05'01"	semi árido	24,3
Ituaçu	520	13°48'48"	41°17'48"	semi árido subúmido a seco	23,4
Tanhaçu	430	14°01'17"	41°14'53"	semi árido	23,1
Vitória da Conquista	923	14°51'58"	40°50'22"	semi árido subúmido a seco úmido	19,5
Cândido Sales	627	15°30'18"	41°14'21"	subúmido a seco	21,7
Andaraí	405	12°48'26"	41°19'53"	subúmido a seco	24,2
Lençóis	394	12°33'47"	41°23'24"	úmido a subúmido semi árido	23,4
Ipupiara	731	11°49'13"	42°36'51"	subúmido a seco	23,3
Lapão	775	11°23'00"	41°49'55"	semi árido	22,3
Correntina	561	13°20'36"	44°38'12"	subúmido a seco úmido	23,5
Santa Maria da Vitória	436	13°23'41"	44°11'19"	subúmido a seco úmido	24,3
Barreiras	452	12°09'10"	44°59'24"	subúmido a seco úmido	25,4

Fonte: www.sei.ba.gov.br

Os resultados obtidos sobre a ocorrência e a distribuição das duas espécies de mandacaias no Estado da Bahia podem contribuir na definição de estratégias de manejo e de conservação dessas abelhas, especialmente para *M. mandacaia*, que parece não se adaptar em regiões mais úmidas. Este fato poderá ter implicação direta na migração de colônias, através da meliponicultura migratória, entre as áreas com vegetação de caatinga. Essas áreas apesar de serem próximas, podem apresentar limitações para o desenvolvimento adequado das colônias.

CONCLUSÃO

As espécies estudadas, *Melipona quadrifasciata anthidioides* e *Melipona mandacaia*, separam-se geograficamente ao longo do semi-árido da Bahia conforme, clima, vegetação, relevo, sendo que a maior contribuição para essa dissimilaridade é a Serra do Espinhaço, cadeia montanhosa que se distribui ao longo da região central da Bahia até Minas Gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. M. O. *Melipona mandacaia* Smith, 1863 (Hymenoptera - Apidae). Aspectos de interesse agrônomo. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Escola de Agronomia -UFBA, 2004, 47p.

CARVALHO, C. A. L. et al. **Criação de abelhas sem ferrão: aspectos práticos**. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI, 2003, 42p. (Série Meliponicultura - 1).

LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. New York, John Wiley & Sons, 337p.1988.

MELO, E. Polygonaceae da Cadeia do Espinhaço, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**. v. 14, n. 3, p. 273-300, 2000

MORETO, G.; ARIAS, M. C. Detection of mitochondrial DNA restriction site differences between the subspecies of *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) **Neotrop. Entomol.**, v.34, n.3, p.381-385, 2005.

MOURE, J. S.; KERR, W. E. Sugestões para modificação da sistemática do gênero *Melipona* (Hymenoptera, Apoidea). **Dusenía**, v.18, p. 105-29, 1950.

PIANKA, E. R. **Evolutionary Ecology**. New York HarperCollins College Publishers, 486p., 1994.

PRICE, P.W. **Insect Ecology**. NewYork: John Wiley e Sons, p. 73-178, 1984

RICKLEFS, R.E.; SCHLUTER, D.. Species diversity: regional and historical influences,. In: RICKLEFS, R. E. & SCHLUTER, D., [Eds.] **Species Diversity in Ecological Communities**. Chicago, Chicago Univ. Press, p.350-363, 1993.

SCHWARZ, H. Stingless bees (Meliponidae) of the Western Hemisphere. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, p.1-167, 1948.

TAYLOR, L. R.; TAYLOR, R. A. J. Aggregation, migration and population mechanics. **Nature** v. 265, p. 415-421, 1977.

WALDSCHMIDT, A. M.; MARCO-JÚNIOR, P. *et al.* Genetic analysis of *Melipona quadrifasciata* Lep. (Hymenoptera: Apidae, Meliponinae) with RAPD markers. **Braz. J. Biol.**, v.62, n.4B, p. 923-928, 2002.

WILSON, E. O. **Sociobiology: The new synthesis**. 25th ed. Cambridge, Harvard University Press, 2000, 697p.

ZANELLA, F. C. V.; MARTINS, C. F. **Abelhas da Caatinga**: Biogeografia, Ecologia e Conservação. In: Leal, I.R.; Tabarell, M.; Silva, J.M.C. (Org.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife: Editora Universitária, UFPE, p. 75-134, 2003.

CAPÍTULO 2

**DIVERGÊNCIA POPULACIONAL BASEADA EM DADOS MORFOMÉTRICOS DE
Melipona quadrifasciata anthidioides LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE)
RESIDENTE NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DA BAHIA¹**

¹Manuscrito a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Sociobiology

**DIVERGÊNCIA POPULACIONAL BASEADA EM DADOS MORFOMÉTRICOS DE
Melipona quadrifasciata anthidioides LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE)
RESIDENTE NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DA BAHIA**

RESUMO

Este trabalho objetivou estudar a divergência entre populações de *Melipona quadrifasciata* da região semi-árida do estado da Bahia, por meio da análise de caracteres morfométricos. Para isto, foram utilizadas 66 colônias provenientes de 24 localidades e 10 operárias por colônia. Três grupos distintos foram constituídos, conforme a distribuição geográfica das colônias: um formado por colônias localizadas próximos da região Nordeste da Bahia, um segundo grupo formado por colônias distribuídas ao longo da região central da Bahia e o terceiro grupo, formado por colônias localizadas na região Sudoeste da Bahia. O teste de correlação parcial (teste de Mantel) entre matrizes indicou que a maior parte da variação morfométrica do tamanho é influenciada pela altitude ($r=0,54$ $p>0.01$). Conclui-se que existe divergência morfométrica significativa ($P \leq 0,001$) entre as populações de *Melipona quadrifasciata* provenientes da região semi-árida do Estado da Bahia, Brazil, provavelmente devido às barreiras geográficas que impedem ou reduzem o fluxo gênico entre as populações desta espécie entre as diferentes localidades dessa região.

PALAVRAS-CHAVE: morfometria, abelha sem ferrão, Meliponini

POPULATION DIVERGENCE BASED ON MORPHOMETRIC DATA OF *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE) RESIDENT IN SEMI-ÁRID REGION FROM BAHIA, BRAZIL.

ABSTRACT

This work has aimed to study the difference between populations of *Melipona quadrifasciata* the semi-arid region of Bahia state, through the analysis of morphometric characters. We used 66 colonies derived from 24 locations for the collection of 10 workers per colony. Three separate groups were formed, as the geographical distribution of colonies: one formed by colonies located near the northeastern region of Bahia, a second group formed by colonies distributed throughout the central region of Bahia and the third group, formed by colonies located in the Southwest Bahia. The partial correlation test (Mantel test) between matrixes indicated that the majority of the morphometric variation of size character is influenced by altitude ($r = 0.54$ $p > 0.01$). It concludes that there is significant morphometric difference ($P < 0001$) between the populations of *Melipona quadrifasciata* from the semi-arid region of the State of Bahia, Brazil, probably because of the geographical barriers that prevent or reduce the gene flow between populations of this species between different localities of the region.

KEY-WORDS: morphometric, stingless bee, Meliponini

INTRODUÇÃO

Existe sempre uma busca pela preservação de espécies endêmicas, como *Melipona quadrifasciata*, que tem importância ecológica e econômica em diversos estados brasileiros. Dessa forma faz-se necessário realizar estudos comportamentais, ecológicos, genéticos, assim como morfológicos, dessa espécie.

Estudos morfométricos podem ser mensurados por técnicas biométricas que avaliam as características físicas ou comportamentais dos seres vivos, buscando estudar a variação da forma biológica por correlações entre as distâncias medidas em estruturas biológicas. As correlações entre essas medidas e os conceitos estatísticos tornaram-se a base de toda a análise multivariada. Nos insetos, a morfometria é largamente aplicada principalmente em estudos de fisiologia, ecologia e sistemática. A palavra morfometria, que é o estudo e a análise da forma, foi cunhada por Blachitk (1965) para designar métodos que serviam para medir a distância da forma entre as espécies (MONTEIRO e REIS, 1999). Dados morfométricos são muito utilizados em estudos sobre a estrutura populacional e sobre a variação geográfica entre raças ou entre populações de abelhas (GARAY e DIAS, 2001).

Muitos estudos com morfometria de asas de abelhas já foram realizados principalmente com a espécie *Apis mellifera*. Análises discriminantes para a identificação de abelhas melíferas africanizadas e européias foram realizadas por Rinderer et al., (1993). Oliveira-Jr, Brandeburgo e Marcolino (2000) utilizando análises morfométricas de asas e antenas verificaram o processo de adaptação das abelhas africanizadas. Reginato e Cruz-Landim (2003), avaliaram o desenvolvimento das larvas, operárias e rainhas de *Apis mellifera* e seus ovários por meio de análises morfométricas mensurando a cápsula cefálica, antena e peso. Hepburn et. al. (2004) com medidas de caracteres morfológicos com *Apis mellifera*, separando caracteres morfológicos e fenotípicos, apresentaram a variação genética existente nesta espécie, comprovando que provavelmente não está ocorrendo fluxo gênico, devido à variação topográfica e climática. Silva, et. al. (2005) observaram a formação de diferentes castas (rainha, operária e intercasta) com base na alimentação medindo alguns caracteres corporal das larvas, concluindo que técnicas discriminantes multivariadas são eficientes para

discriminar castas de *A. mellifera* desenvolvidas em laboratório trabalhos com análises multivariadas foram realizados utilizando-se de caracteres morfológicos de asas.

Com espécies de abelhas solitárias, Peruquetti (2003) fez análises morfométricas do tamanho corporal de *Eulaema nigrita* Lepeletier, concluindo que a variação existente no tamanho corporal ocorre devido à variação do ambiente. Schroder et al. (2002), classificaram e identificaram diferentes gêneros de abelhas (*Andrena*, *Bombus*, *Colleter*), pois pela taxonomia tradicional, muitos gêneros e espécies podem ser difíceis de identificar.

No gênero *Melipona* foram realizados estudos, como o de Nunes (2005), que comparou populações de *Melipona scutellaris* em oito regiões da Bahia, utilizando análise morfométrica, agrupando as populações por altitude, e Abdalla e Cruz-Landim (2004), que utilizando análises morfológicas avaliaram o desenvolvimento da glândula de Dufour em reprodução da *Melipona bicolor* Lepeletier. Waldschmidt (1999) realizou um estudo morfométrico com *M. quadrifasciata*, comprovando que existem divergências morfométricas entre as subespécies *M. quadrifasciata quadrifasciata* e *M. quadrifasciata anthidioides*. Camargo et al., (1967) fizeram um estudo morfológico de *M. marginata* Lepeletier, espécie considerada como a mais primitiva do gênero.

A análise morfométrica em abelhas é normalmente realizada utilizando caracteres da asa, pois foi verificado em abelhas do gênero *Apis* que a herdabilidade deste caráter usualmente é alta, sofrendo pouca variação do ambiente (DINIZ-FILHO e BINI, 1994), indicando assim, ser um caractere com elevado componente genético para avaliar a estruturas populacionais.

Para abelhas sociais, o tamanho do corpo de operárias tem sido geralmente considerado uma adaptação para atividade de forrageamento e exploração de recurso floral, sendo que a maior parte da variação morfológica em Meliponini ocorre independentemente da própria filogenia (PIGNATA e DINIZ-FILHO, 1996). Segundo Araújo et al. (2004) o tamanho do corpo em meliponíneos pode atuar como fator limitante na capacidade de vôo, assim há uma necessidade de preservação ambiental, a fim de que estas abelhas possam se reproduzir.

A conservação da biodiversidade em fragmentos de floresta tropical, a extinção diferencial de espécies de meliponíneos, a própria limitação física da dispersão

pelo tamanho do corpo, pode conduzir a uma mudança em abundância e diversidade de plantas porque os meliponíneos são um dos principais agentes polinizadores de espécies da floresta tropical (ARAÚJO et al., 2004)

O presente trabalho teve como objetivo estudar a divergência populacional de *Melipona quadrifasciata* Lep. oriundas de diferentes localidades da região semi-árida da Bahia, utilizando dados morfométricos, a fim de verificar se existe diferenças entre essas populações do semi-árido da Bahia conforme a distribuição geográfica e relevo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de março de 2006 a junho de 2007. As amostras de *M. quadrifasciata anthidioides* (Figuras 1 e 2) foram obtidas em 24 municípios da região semi-árida da Bahia, sendo constituída de 10 operárias por colônia. A análise foi baseada nas asas anterior e posterior direitas das operárias provenientes de 66 colônias (Tabela 1 e Figura 3).



Figura 1. Operárias de *Melipona quadrifasciata anthidioides* fazendo trofalaxia.



Figura 2. Entrada da colônia de *Melipona quadrifasciata anthidioides*.

Tabela 1 - Origem, localização geográfica, altitude e número de colônias amostradas de *Melipona quadrifasciata anthidioides* no Estado da Bahia.

Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Nº de Colônias amostradas
Jeremoabo	-10°04'30"	38°28'51"	307	3
Barrocas	-11°31'40"	39°04'40"	393	3
Tucano	-10°57'47"	38°47'12"	200	3
Araci	-11°20'00"	38°58'00"	254	3
Quijingue	-10°45'09"	39°12'33"	350	3
Itaberaba	-12°31'39"	40°18'25"	279	3
Serrinha	-11°39'51"	39°00'27"	324	3
Iaçu	-12°46'02"	40°12'42"	301	3
Maracás	-13°26'28"	40°25'51"	951	3
Teofilândia	-13°36'06"	39°29'29"	200	3
Contendas do Sincorá	-13°45'46"	41°02'28"	291	2
Lafaiete Coutinho	-13°39'21"	40°12'45"	460	3
Itiruçu	-13°31'54"	40°09'01"	800	1
Nova Soure	-11°14'00"	38°29'00"	240	3
Capim Grosso	-11°22'52"	40°00'46"	420	2
Mundo Novo	-11°51'32"	40°28'21"	520	3
Tanhaçu	-14°01'17"	41°14'53"	461	3
Rui Barbosa	-12°17'02"	40°29'38"	360	3
Santa Inês	-13°17'32"	39°49'08"	400	3
Vitória da Conquista	-14°51'58"	40°50'22"	863	3
Jacobina	-11°10'50"	40°31'06"	438	1
Ourolândia	-10°58'13"	41°04'59"	571	3
Ituaçu	-13°48'48"	41°17'48"	521	3
Jequié	-13°51'27"	40°05'01"	200	3

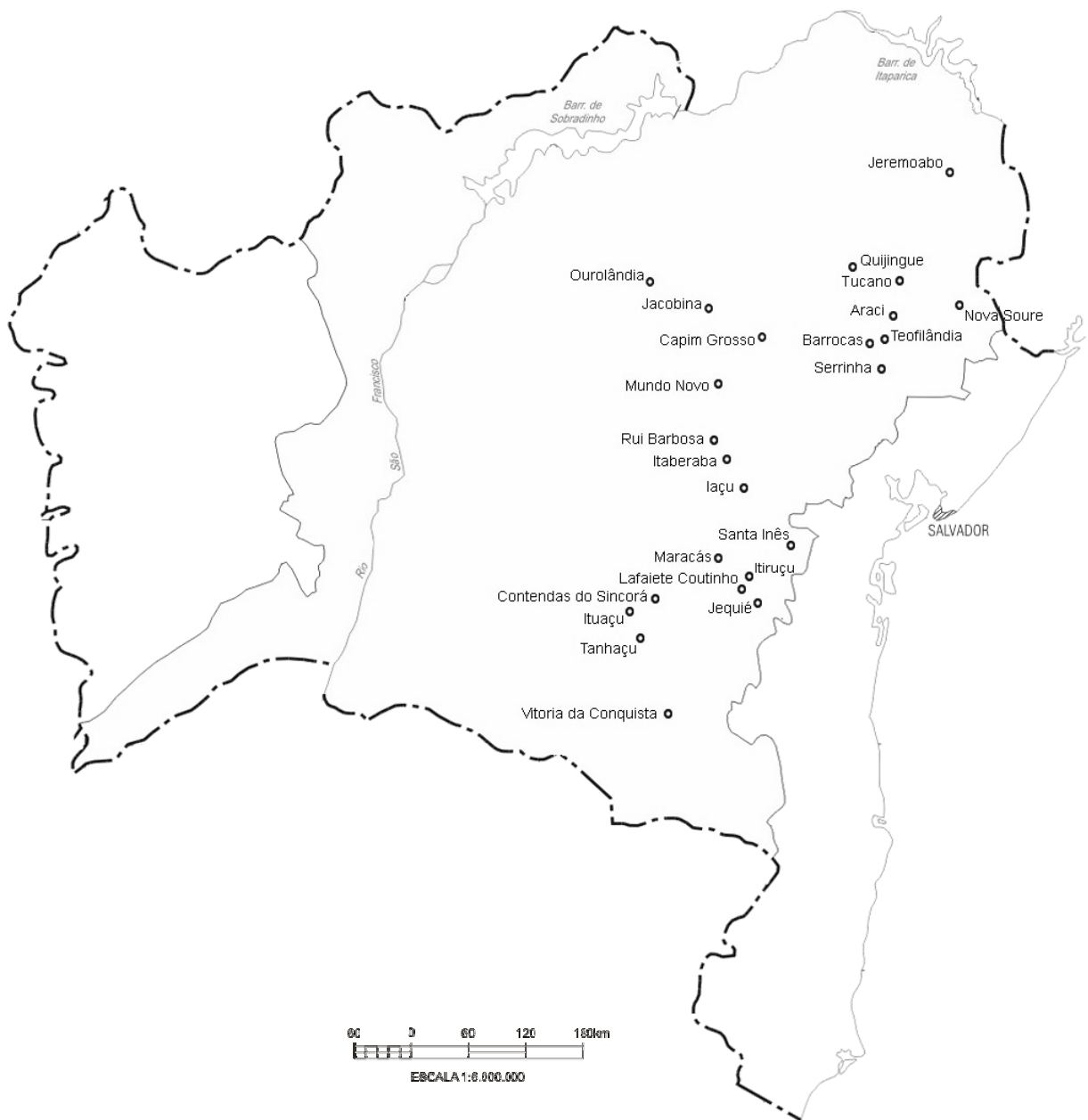


Figura 3 - Origem das amostras de *Melipona quadrifasciata anthidioides* na região semi-árida do Estado da Bahia, Brasil (Mapa adaptado da SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia).

Montagem das lâminas para a análise morfométrica.

Os espécimes foram coletados em 24 locais da região do semi-árido do Estado da Bahia, sendo utilizados 10 indivíduos adultos por colônia (Tabela 1). De cada indivíduo foram retiradas as asas direitas, anterior e posterior, com auxílio de uma pinça de ponta fina e auxílio de estereomicroscópio. Posteriormente, as asas foram colocadas em lâmina e fixadas com cola escolar diluída em água destilada. Em seguida foi colocada outra lâmina sobre a primeira e fixando-se as laterais com massa para modelar e fotografadas em máquina digital.

As medidas foram realizadas a partir das imagens das asas, no laboratório de Entomologia da Universidade Federal do Recôncavo Baiano, utilizando o programa TpsDig2 (ROHLF, 2006).

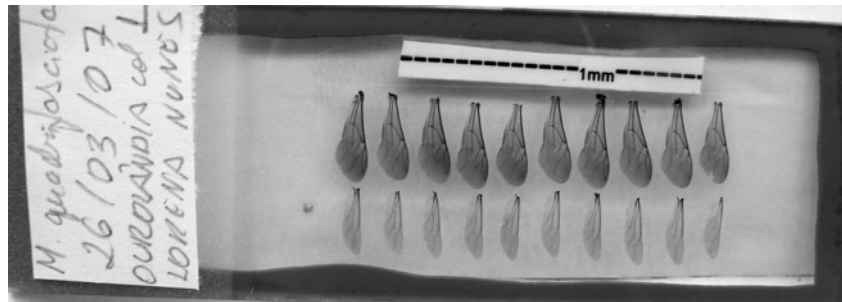


Figura 4. Lâmina montada e fotografada para a realização das medidas anatômicas das asas anterior e posterior da *Melipona quadrifasciata anthidioides*.

Análise morfométrica

As fotografias digitais das asas anterior e posterior foram mensuradas, utilizando-se o programa TpsDig2 versão 2.10 (ROHLF, 2006), tomando-se por base as seguintes variáveis: comprimento máximo da asa anterior (CA) e comprimento máximo da asa posterior (CP), largura máxima da asa anterior (LA) e largura máxima da asa posterior (LP), comprimento máximo da nervura radial da asa anterior (AR) e comprimento máximo da nervura radial da asa posterior (PR), comprimento máximo da nervura medial + cubital da asa anterior (M+CU), comprimento máximo da nervura medial da asa anterior (AM) e comprimento máximo da nervura medial da asa posterior (PM), comprimento máximo da nervura radio sector + medial – 1° (RS+M), comprimento máximo da nervura radio sector + medial – 2° (RS+M), comprimento máximo da nervura

cubital da asa anterior (Acu) e comprimento máximo da nervura cubital da asa posterior (PCu), comprimento máximo da nervura anal anterior (AA), comprimento máximo da nervura medial-cubital (M-Cu) e comprimento máximo da nervura radial sector da asa posterior (PRs) (Figuras 5 e 6).

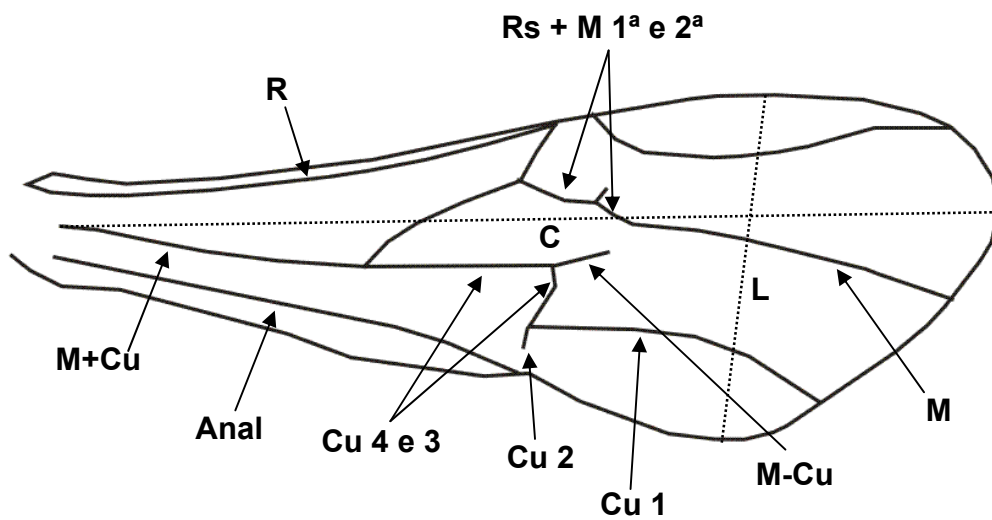


Figura 5 - Morfologia e caracteres utilizados para a morfometria da asa anterior da *Melipona quadrifasciata anthidioides*.

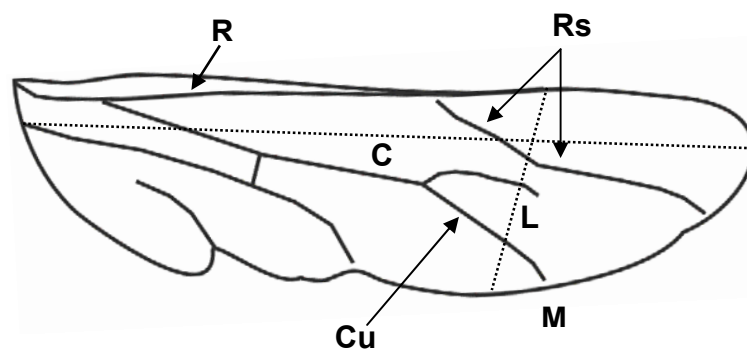


Figura 6 - Morfologia e caracteres utilizados para a morfometria da asa posterior da *Melipona quadrifasciata anthidioides*.

Análise estatística

Para a análise das diferenças entre as colônias de *M. quadrifasciata*, provenientes de 24 localidades da região semi-árida da Bahia, foi empregada a análise de variância multivariada (MANOVA), análise das variáveis canônicas (AVC), análise de componentes principais (ACP), função discriminante linear de Fisher (FDF), análise discriminante, distância D^2 de Mahalanobis e a análise de agrupamento UPGMA.

A matriz de distância por D^2 foi utilizada para a análise de agrupamento pelo método *Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Average* (UPGMA), em que a distância intergrupo foi obtida pela média das distâncias pareadas dos membros dos dois grupos, conforme Dias (1998). Utilizando o programa NTSYSpc, aplicou-se o teste de Mantel, utilizando 5000 permutações, para avaliar a correlação entre as matrizes de distâncias de Mahalanobis.

Variável canônica

A análise das Variáveis Canônicas foram utilizadas para maximizar a variação entre as populações, explicada por cada variável canônica, em relação a variação entre as populações, e testar se as médias destes grupos são significativamente diferentes, além de possibilitarem a identificação de grupos similares em gráficos de dispersão bidimensional facilitando a interpretação geométrica.

As análises estatísticas foram feitas utilizando-se o programa SAS (2004). O modelo estatístico foi definido considerando o delineamento inteiramente casualizado com i colônias e r indivíduos (repetições), em que são medidas t características:

$y_{itr} = \mu_t + C_{it} + e_{itr}$, em que:

$$\sum_{i=1}^4 C_{it} = 0, \forall t, \quad i = 1, 2, \dots, 11; \quad r = 1, 2, \dots, J;$$

$$t = 1, 2, \dots, 11;$$

$J = 8$ para colônias (1, 2, 5); 9 para (9, 11) e 10 para (3, 4, 6, 7, 8, 10),

y_{itr} = valor observado da característica t , da colônia i , no animal r ,

μ_t = média da característica t ,

C_{it} = efeito da colônia i na característica t , e
 e_{itr} = erro aleatório atribuído à observação

A importância relativa das variáveis canônicas foi medida pela percentagem de seus autovalores (variâncias) em relação ao total dos autovalores, ou seja, é a percentagem das variâncias total que elas explicam (PIRES, 2002).

Para o estudo de divergência genética utilizou-se a distância D^2 de Mahalanobis e a técnica de variáveis canônicas:

$$D^2(i/i') = \left(\bar{X}_{ij} - \bar{X}_{i'j} \right)' S \left(\bar{X}_{ij} - \bar{X}_{i'j} \right)$$

$D^2(i/i')$ = Distância generalizada de Mahalanobis entre populações i e i' ,

\bar{X}_{ij} = Média para a característica j na população i ,

$\bar{X}_{i'j}$ = Média para a característica j na população i' ,

S = Matriz de variância e características residuais.

A AVC fornece uma descrição das diferenças entre os grupos especificados a priori em um conjunto de dados multivariados. Através da AVC, é possível verificar a relação da magnitude de diferenças entre os grupos e aquela dentro de cada grupo. AVC maximizar a variação de uma matriz de variâncias e covariâncias descrevem os eixos de variação máxima (MONTEIRO e REIS, 1999). Isso favorece a formação dos grupos.

A partir dos coeficientes de ponderação de cada variável que por estimação, retém proporção mínima da variação total. Foram identificadas as variáveis de menor importância para a divergência genética entre as colônias analisadas como sendo aquele de maior coeficiente de ponderação (O_j), em magnitude em valor absoluto, nas últimas variáveis canônicas.

$$O_j = a_j \sqrt{\sigma_j^2}$$

σ_j^2 = quadrado médio do resíduo associado à característica.

A matriz de distância por D^2 foi utilizada para a análise de agrupamento pelo método *Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Average* (UPGMA), em que a distância intergrupo foi obtida pela média das distâncias pareadas dos membros dos dois grupos conforme Dias (1998). Para este procedimento foi utilizado o software STAT SOFT (2006). Nesse método o dendrograma é estabelecido utilizando a maior similaridade e a distância entre um indivíduo K e um grupo formado pelos indivíduos i e j .

$$d_{(ij)K} = \text{média} \{d_{ik}; d_{jk}\} = \frac{d_{ik} + d_{jk}}{2} \text{ em que:}$$

$d_{(ij)K}$ é dada pela média do conjunto das distâncias dos pares dos indivíduos (i e k) e (j e k).

A distância entre os grupos é fornecida por:

$$d_{(ij)(kl)} = \text{média} \{d_{ik}; d_{il}; d_{jk}; d_{jl}\} = \frac{d_{ik} + d_{il} + d_{jk} + d_{jl}}{4}$$

ou seja, a distância entre os dois grupos formados, respectivamente, pelos indivíduos (i e j) e (k e l) é dada pela média do conjunto, cujos elementos são as distâncias entre os pares de indivíduos (i e k), (i e l), (j e k) e (j e l).

Para formar a estruturação dos grupos foram realizadas as análises das variáveis canônicas, a fim de substanciar o método de representação gráfica gerada pela distância generalizada de D^2 Mahalanobis, quando mais de três características são envolvidas. As técnicas de análises multivariadas avaliam simultaneamente um conjunto de características, levando-se em consideração as correlações existentes, o que permite que inferências sobre o conjunto de características sejam feitas num nível de significância conhecido (SAKAGUTI, 1994).

Componente Principal

A análise dos componentes principais são combinações lineares de variáveis que captam o máximo da variância, em que o primeiro componente explica a maior variação existente, o segundo a segunda maior variação, e assim sucessivamente. Diante dessa pressuposição, verificou-se a dispersão das espécies em sistemas de eixos cartesianos onde a variabilidade disponível foi maximizada. Esta técnica consiste na transformação de um conjunto de n variáveis ($x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$) em um novo conjunto ($y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{in}$) que são funções lineares dos $x_{j's}$ e independentes entre si. As seguintes propriedades foram verificadas:

a) Se Y_{ij} é um componente principal, então:

$$Y_{ij} = a_1 x_{i1} + a_2 x_{i2} + \dots + a_n x_{in}$$

b) Se é outro componente principal, então:

$$Y'_{ij} = b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \dots + b_n x_{in}$$

$$\sum_j a_j^2 = \sum_j b_j^2 = 1, \sum_j a_j b_j = 0$$

ou seja, os componentes são independentes.

c) Os componentes principais foram obtidos pela solução do sistema: $(R - \lambda I)$, em que: R = matriz de correlação entre as médias estimadas, λ_1 = raízes características ou (autovalores) de R , I = matriz identidade de dimensão $p \times p$ e a = vetor característico (ou autovetor) associado aos autovalores (CRUZ e CARNEIRO, 2003). Dessa forma, os autovalores de R correspondem às variâncias de cada componente e os autovetores normalizados, aos coeficientes de ponderação dos caracteres padronizados.

A importância relativa de um componente foi calculada por:

$$\text{Importância de } Y_j = \frac{\lambda_j}{\text{Traço}(R)}$$

As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico STAT SOFT (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância univariada foram realizadas, considerando-se cada característica separadamente por colônias. Foi encontrada diferença significativa ($P < 0,001$), pelo teste F para os escores obtidos pela aplicação da FDF, ou seja, existem diferenças no tamanho das asas comparando as populações avaliadas. O teste F é utilizado para verificar se duas amostras diferem ou não estatisticamente entre si, a variação é comparada entre estas amostras e verifica se pertencem ou não à mesma população para posterior comparação das médias (BEIGUELMAN, 2002). Frequentemente verifica se existem diferenças entre as colônias, utilizando-se estrutura multivariada. Podendo ser obtida por meio da função discriminante linear de Fisher (FDF).

A importância relativa das variáveis canônicas foi medida pela percentagem de seus autovalores (variâncias) em relação ao total dos autovalores, ou seja, a percentagem das variâncias total que elas explicam. É importante estimar estes coeficientes de ponderação associados as variáveis originais, para que seja avaliada a contribuição de cada característica para se obter uma determinada variável canônica (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

As combinações lineares que podem ser construídas são chamadas de variáveis canônicas, enquanto que a correlação estas variáveis é chamada de correlação canônica. Essa correlação mede basicamente o grau de associação existente entre os dois conjuntos de variáveis (MINGOTI, 2005).

As análises multivariadas, especialmente a Análise de Componentes Principais, das Variáveis Canônicas e das Funções Discriminantes, são extremamente úteis na ordenação dos dados morfométrico, permitindo que parâmetros biológicos possam ser mais facilmente detectados e interpretados. A morfometria multivariada geralmente avaliam a variação morfométrica dentro das populações e sua relação com a variação entre as populações, procurando, frequentemente, relacionar variação ambiental e diferenciação fenotípica (REIS, 1988).

A análise de variância multidimensional é um método bastante promissor que combinado com outras técnicas de análise multidimensional (ou multivariada), está se

tornando cada vez mais comum. Contribui para isso a facilidade cada vez maior da computação eletrônica, pois só com o computador é possível aplicar com facilidade as técnicas de análises multidimensional que, exigem cálculos trabalhosos e demorados (PIMENTEL-GOMES e GARCIA, 2002). Desta forma, o estudo de divergência pode ser feito por meio da técnica de variáveis canônicas (FONSECA e PIRES, 2000).

Foram necessários as três primeiras variáveis canônicas para acumular cerca de 83% da variação total disponível, estando distribuídas da seguinte forma: 56% para a primeira, 17% para a segunda e 8% para a terceira variável canônica, ou seja, as duas primeiras variáveis canônicas foram suficientes para reunir mais de 70% da variação total (Tabela 2), viabilizando o estudo da divergência morfométrica entre as colônias.

Tabela 2 - Variáveis canônicas, autovalores, percentagem de variância e percentagem da variância acumulada obtidas com a análise de 12 características morfométricas das asas de *Melipona quadrifasciata anthidioides*.

Variáveis Canônicas	Autovalores (λ_i)	Proporção (% α^2)	Proporção Acumulada (% α_a^2)
1	3.2361	0.5672	0.5672
2	1.0138	0.1777	0.7449
3	0.4945	0.0867	0.8315
4	0.2371	0.0416	0.8731
5	0.1932	0.0339	0.9069
6	0.1405	0.0246	0.9316
7	0.1204	0.0211	0.9527
8	0.0939	0.0165	0.9691
9	0.0877	0.0154	0.9845
10	0.0472	0.0083	0.9928
11	0.0332	0.0058	0.9986
12	0.0081	0.0014	1.0000

Dos 16 caracteres totais mensurados das asas anterior e posterior de *M. quadrifasciata*, foram descartadas as características que menos influenciam para a diferenciação entre as colônias (Tabela 3). Algumas metodologias de análises multivariada permitem contornar determinados problemas, por meio da eliminação de

características tidas como redundante e/ou pela utilização de variáveis adicionais, que são funções lineares das características originais.

A nervura Cu apresenta as subdivisões Cu, Cu₁ e Cu₂. Estas nervuras foram medidas separadamente, porém seus valores foram somados, pois em uma análise prévia seu comportamento foi similar. Porém, o mesmo não ocorreu com a nervura Rs+M, cujas subdivisões são Rs+M 1^a e 2^a, apresentam comportamentos diferenciados (Tabela 3).

As variáveis que menos influenciaram para a diferenciação entre as colônias analisadas na última variável foram descartadas (AR, AM, ARS+M2, PR), sendo nervura cubital da asa anterior (ACu), a nervura medial-cubital da asa anterior (Am-Cu) e a nervura medial da asa posterior (PM) são passíveis de descarte (Tabela 3). Em estudos de diversidade genética a identificação de variáveis que menos contribuem para a diferenciação dos indivíduos, sendo possível o seu descarte (CRUZ e CARNEIRO, 2003). Neste tipo de análise, consideram-se de menor importância àqueles caracteres que são relativamente invariantes ou que apresentam redundância, ou seja, estão representados por outros caracteres, ou combinação de caracteres, cuja correlação é elevada (CRUZ e REGAZZI, 2001).

Tabela 3 - Análise de variáveis canônicas para dados morfométricos de *Melipona quadrifasciata anthidioides* em diferentes regiões do semi-árido da Bahia.

Variáveis	Coeficiente de ponderação das variáveis canônicas											
	VC1	VC2	VC3	VC4	VC5	VC6	VC7	VC8	VC9	VC10	VC11	VC12
CA	0.125	-1.003	0.386	-0.748	-0.084	-0.669	-0.356	0.010	-0.246	0.091	-0.895	0.168
LA	-0.138	-0.318	-0.036	0.649	-0.194	-0.224	0.504	-0.573	0.632	-0.795	0.101	-0.176
AM+Cu	0.034	-0.066	0.126	-0.223	-0.303	0.408	0.004	-0.007	0.698	0.479	0.447	-0.421
AA	0.550	-0.032	-1.029	0.360	0.402	0.144	0.201	-0.114	-0.571	0.305	0.079	-0.266
ACu	-0.070	-0.116	0.396	-0.254	0.054	0.956	0.187	0.151	-0.294	-0.196	0.206	0.477*
AM-Cu	0.060	0.001	0.180	0.351	0.242	0.442	-0.134	0.390	0.019	-0.079	-0.410	-0.565*
ARS+M1	-0.124	-0.226	0.181	0.437	0.441	-0.155	-0.511	0.114	0.225	0.309	0.254	0.338
CP	0.592	0.970	-0.052	-0.185	0.017	0.085	-0.518	-0.057	0.396	-0.640	0.241	0.226
LP	-0.109	0.026	-0.036	0.220	-0.476	-0.252	0.128	1.083	-0.280	0.303	0.366	0.138
PCu	-0.098	0.044	0.335	0.242	-0.521	0.045	-0.562	-0.422	-0.544	0.090	0.106	-0.270
PRS	0.166	0.299	0.521	-0.048	0.519	-0.292	0.698	-0.224	-0.045	0.385	0.072	-0.116
PM	0.060	0.188	-0.138	0.260	-0.219	0.151	0.244	-0.045	0.256	0.397	-0.580	0.548*

(*) indicam as nervuras que menos influenciaram na separação das colônias sendo passíveis de descarte. (CA) = comprimento da asa anterior, (LA) = largura da asa anterior, (AM+Cu) = nervura medial+ cubital, (AA) = nervura anal anterior, (ACu) = nervura cubital da asa anterior, (AM-Cu) = nervura medial-cubital, (ARS+M1) = nervura radial sector 1, (CP) = comprimento da asa posterior, (LP) = largura da asa posterior, (PCu) = nervura cubital da asa posterior, (PRS) = nervura radial sector da asa posterior e (PM) = nervura medial da asa posterior.

As técnicas de variáveis canônicas e componentes principais são utilizadas quando se dispõe dos dados originais. Estas técnicas guardam correspondência com o agrupamento baseado nas dissimilaridades expressas pela distância euclidiana e de Mahalanobis, respectivamente (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

Nas análises de divergência genética a configuração da distribuição dos grupos foi representada em um espaço bidimensional por facilitarem a visualização das similaridades entre as colônias, definidas por dois vetores canônicos (Figura 7), utilizando os escores das variáveis canônicas (médias canônicas) obtidas a partir das duas primeiras variáveis canônicas.

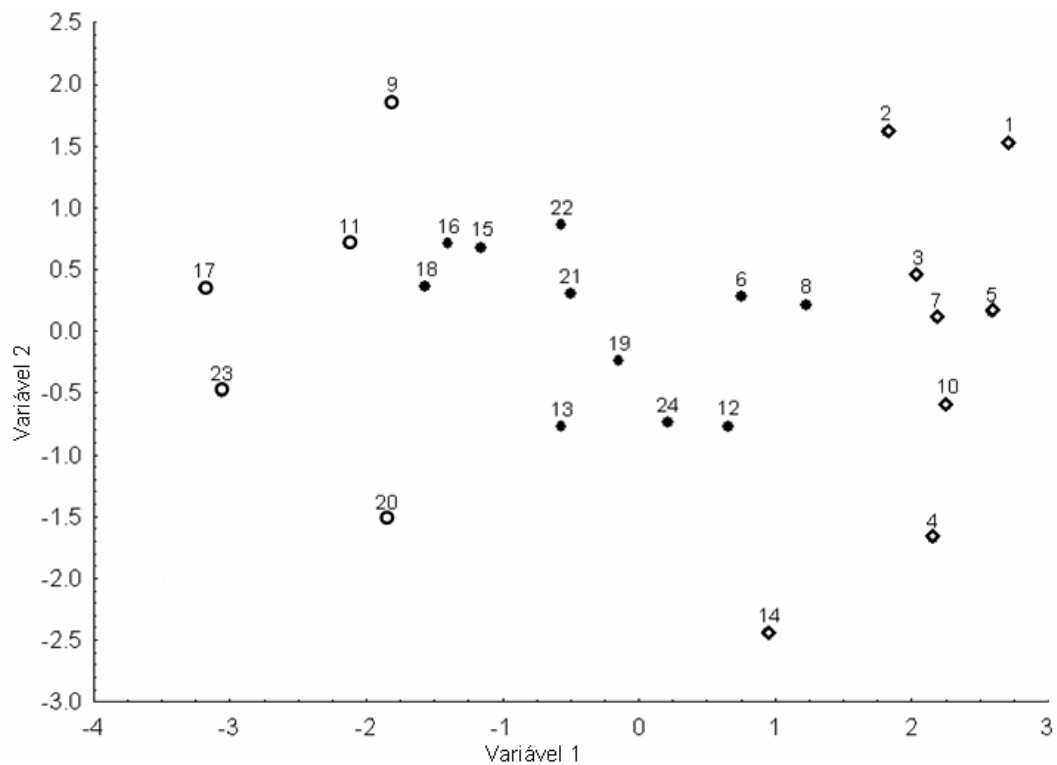


Figura 7 - Dispersão gráfica das colônias de *Melipona quadrifascita* em relação a eixos cartesianos estabelecidos por variáveis canônicas (VC1, VC2) obtidas a partir de combinações lineares de características morfológicas, onde: 1- Jeremoabo, 2- Barrocas, 3- Tucano, 4- Araci, 5- Quijingue, 6- Itaberaba, 7- Serrinha, 8- Iaçú, 9- Maracás, 10- Teofilândia, 11- Contendas do Sincorá, 12- Lafaiete Coutinho, 13- Itiruçu, 14- Nova Soure, 15- Capim Grosso, 16- Mundo Novo, 17- Tanhaçu, 18- Rui Barbosa, 19- Santa Inês, 20- Vitória da Conquista, 21- Jacobina, 22- Ourorândia, 23- Ituaçu, 24- Jequié.

A análise gráfica para estudo padrão de similaridade entre as colônias nos permite verificar a proximidades e distância de cada colônia podendo ser observada a variação total disponível utilizando poucas variáveis. Segundo CRUZ e CARNEIRO (2003) é satisfatória para análise de diversidade morfométrica por meio da dispersão gráfica, em relação a eixos representados pelas variáveis canônicas.

A dispersão existente entre as colônias em relação as duas ou mais variáveis canônicas pode ser apresentada por meio de medidas de dissimilaridade, como a distância generalizada de Mahalanobis. Esta medida é a mais adequada para a utilização com a técnica de variáveis canônicas por levar em consideração a matriz de variâncias e covariâncias (FONSECA, 2000).

À distância dos pontos é proporcional ao grau de dissimilaridade entre as colônias. A análise de agrupamento foi realizada considerando a matriz triangular da distância D^2 de Mahalanobis (Tabela 4) para dados morfométricos os coeficientes foram agrupados pelo método UPGMA. A análise discriminante tem sido amplamente empregada em estudos com abelhas do gênero *Apis*, para separar populações de abelhas africanizadas de populações européias (RINDERER et al., 1993).

A distância D^2 de Mahalanobis entre os centróides dos dados morfométricos de cada localidade será utilizada como medida da distância morfométrica (MANLY, 1991). A utilização da estatística de Mahalanobis (D^2), leva em consideração as associação entre as características por meio da matriz de variâncias e covariâncias residuais entre as variáveis. Ela proporciona maior analogia entre as técnicas multivariadas e outras técnicas de agrupamento (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

Segundo este mesmo autor a técnica multivariada de quantificação de distância de Mahalanobis permite quantificar a importância relativa de caracteres para a diversidade genética, por meio da avaliação da contribuição destes para os valores de D^2 .

O método da estimativa das Distâncias Generalizadas de Mahalanobis (D^2) tem sido usado para estimar a distância entre diversas espécies de Apidae (PISANI, 1969). Esse método também tem sido empregado para estimar a distância entre machos, rainhas e operárias em diversas espécies de meliponíneos: *Melipona quadrifasciata* (CAMPUS, 1975).

Tabela 4 - Matriz de dissimilaridade obtida a partir da distância de D^2 de Mahalanobis a partir de 66 colônias de *Melipona quadrifasciata anthidioides*, por meio da análise de 12 de caracteres morfológicos coletadas em: 1- Jeremoabo, 2- Barrocas, 3- Tucano, 4- Araci, 5- Quijingue, 6- Itaberaba, 7- Serrinha, 8- Iaçú, 9- Maracás, 10- Teofilândia, 11- Contendas do Sincorá, 12- Lafaiete Coutinho, 13- Itiruçu, 14- Nova Soure, 15- Capim Grosso, 16- Mundo Novo, 17- Tanhaçu, 18- Rui Barbosa, 19- Santa Inês, 20- Vitória da Conquista, 21- Jacobina, 22- Orolândia, 23- Ituaçu, 24- Jequié. Os maiores valores representam as maiores distâncias entre as colônias.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	0																								
2	2.641	0																							
3	4.497	4.249	0																						
4	13.460	12.504	7.959	0																					
5	4.988	4.305	2.472	4.617	0																				
6	7.203	4.858	2.974	8.093	5.064	0																			
7	9.483	9.180	7.061	14.367	8.205	8.786	0																		
8	7.561	4.087	1.875	7.222	3.332	1.945	5.939	0																	
9	23.241	16.235	19.432	31.044	25.011	11.077	29.557	14.776	0																
10	8.427	7.437	4.130	5.270	2.816	6.241	4.952	3.444	28.551	0															
11	26.178	19.869	19.473	27.483	25.871	9.923	25.840	13.977	3.763	24.719	0														
12	12.473	8.694	4.078	6.143	6.166	2.778	9.139	1.812	15.964	4.122	12.630	0													
13	18.936	12.986	11.574	11.267	12.752	4.966	12.768	5.493	11.455	9.541	6.722	3.499	0												
14	19.204	19.181	11.310	5.234	12.259	8.786	13.304	9.619	28.538	8.124	20.682	4.931	7.374	0											
15	17.377	11.057	13.285	18.794	16.961	6.170	16.731	7.950	6.620	15.255	3.480	7.468	4.476	15.608	0										
16	20.388	13.421	14.761	20.624	17.703	6.957	18.989	9.114	6.548	15.995	3.647	8.528	4.847	17.911	1.492	0									
17	37.113	27.534	29.437	34.257	34.680	16.644	34.767	21.504	6.394	33.511	3.601	17.887	10.021	25.740	5.618	5.414	0								
18	23.439	15.531	14.517	22.522	19.890	7.827	17.251	8.883	7.085	18.070	4.274	7.392	5.108	16.557	2.601	3.072	4.473	0							
19	15.088	10.609	9.308	12.561	10.230	5.099	9.507	5.281	14.194	6.589	9.684	3.754	2.914	9.298	4.740	3.785	12.515	5.275	0						
20	32.293	24.319	20.960	17.646	24.407	11.438	26.169	13.860	14.517	19.855	7.811	8.209	4.340	10.626	6.695	6.441	7.081	6.433	8.218	0					
21	19.837	12.134	9.806	18.097	13.773	6.606	12.898	5.790	13.802	11.139	10.674	4.991	6.886	15.994	5.534	4.491	12.698	3.117	3.885	9.306	0				
22	19.323	12.098	12.330	20.003	13.871	9.026	17.274	7.472	11.027	12.181	10.508	7.992	7.472	20.520	6.524	3.329	13.662	6.772	3.887	11.994	4.191	0			
23	39.884	29.283	29.585	31.004	33.475	17.637	36.492	21.453	10.132	30.571	6.681	15.397	8.725	22.581	8.217	6.979	2.306	6.332	11.185	4.919	12.308	12.481	0		
24	15.479	11.534	7.507	8.625	8.180	4.629	9.258	4.184	15.627	7.247	12.479	2.920	3.989	6.606	7.406	7.110	14.609	5.705	2.598	8.639	5.000	7.080	14.148	0	

O método UPGMA é um método não-ponderado de agrupamento aos pares, utilizando médias aritméticas das medidas de dissimilaridade que evita caracterizar a dissimilaridade por valores extremos (máximo e mínimo) entre os caracteres considerados. A consistência do agrupamento é feita após obtido o dendrograma, em que se tem uma nova leitura da dissimilaridade ou similaridade entre as características avaliadas (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

A partir do dendrograma (Figura 8), pode-se verificar que houve a formação de três grupos distintos, conforme a distribuição geográfica das colônias, um formado por colônias de Jeremoabo, Barrocas, Tucano, Quijingue, Teofilândia, Serrinha, Araci e Nova Soure, as quais se encontram localizadas aproximadamente no Nordeste da Bahia, um segundo grupo formado por Itaberaba, Iaçu, Lafaiete Coutinho, Jequié, Itiruçu, Santa Inês, Jacobina, Ouroândia, Capim Grosso, Mundo Novo e Rui Barbosa, distribuídas ao longo da região central da Bahia e o terceiro grupo, formado por Maracás, Contendas do Sincorá, Tanhaçu, Ituaçu e Vitória da Conquista as quais se encontram localizados na região Sudoeste da Bahia.

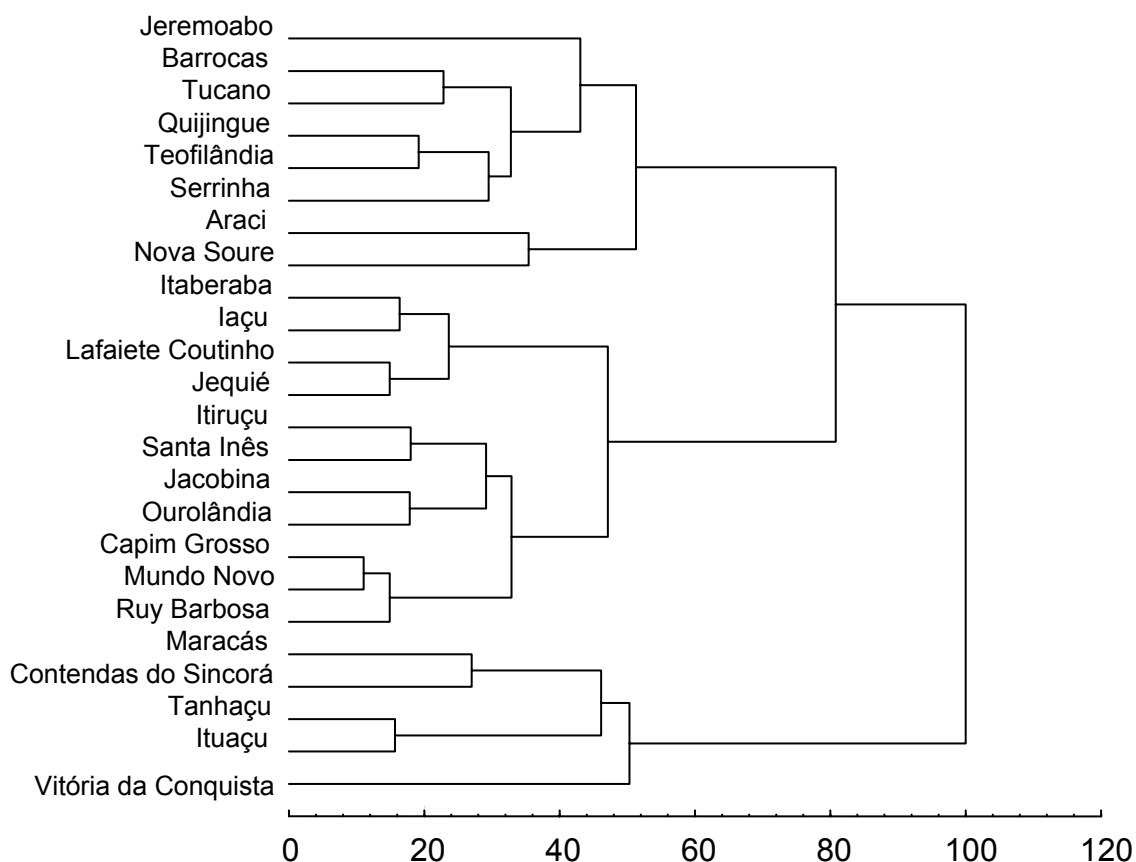


Figura 8 - Dendrograma gerado por UPGMA ilustrando as distâncias morfométricas médias entre as colônias de *Melipona quadrifasciata* oriundas de diferentes localidades da região semi-árida da Bahia.

As colônias de Ituaçu e Jeremoabo apresentaram-se divergentes (valor de dissimilaridade de 39,884), sendo a maior distância intercolonial. Estas colônias encontram-se distantes geograficamente (530Km em linha reta), e altitudes variando de 521 e 307 respectivamente. E são regiões heterogêneas em clima, relevo, solo e vegetação. Ituaçu é caracterizado por um clima semi-árido e subúmido à seco, a unidade geomórfica que compõe esta região é o Pediplano Central da Chapada Diamantina, constituída pela vegetação Caatinga Arbórea Aberta, sem palmeiras e Contato Caatinga-Floresta Estacional, enquanto a região onde encontra-se Jeremoado possui um clima árido e semi-árido formadas pelas unidades geomórficas Pediplano do Baixo São Francisco, Tabuleiro Dissecado do Vaza-Barris e Tabuleiros do Itapicuru tendo como característica da vegetação Contato Cerrado-Caatinga e Contato Cerrado-Caatinga-Floresta Estacional (SEI, 2007). As populações menos divergentes foram as de Capim Grosso e Mundo Novo (valor de dissimilaridade de 1,492), são região próximas geograficamente (94Km) e possuem pequena diferença em altitude 420 e 520.

Observa-se um gradiente de distribuição *M. q. anthidioides* ao longo do semi-árido localizado na Bahia, isso ocorre possivelmente por processos ecológicos, que envolve variação ambiental como altitude, clima, vegetação por também encontrarem dispostas em um gradiente, além como fatores genéticos, influenciam no tamanho das asas de forma a acompanhar este gradiente ambiental.

Para distinguir as variações dentro dos grupos utilizou-se as Análises das Variáveis Canônicas (AVC), que é similar à análise dos Componentes Principais (ACP), exceto pelo fato dos grupos serem definidos a priori, i.e., no conjunto de dados analisados através da AVC são especificados a qual das populações sob análise se referem cada conjunto de variáveis e as correlações entre as variáveis não serem consideradas (CAVALCANTE e LOPES, 1998).

Na análise dos componentes principais (ACP) realizada, as variáveis que menos influenciaram também foram descartadas (AR, AM, ARS+M2, PR), sendo nervura cubital da asa anterior (ACu), a nervura medial-cubital da asa anterior (Am-Cu) e a nervura medial da asa posterior (PM) são passíveis de descarte (Tabela 5).

Tabela 5 - Análise dos componentes principais para dados morfométricos de *Melipona quadrifasciata anthidioides* em diferentes regiões do semi-árido da Bahia.

Variáveis	Coeficiente de ponderação dos Componentes Principais											
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
CA	0.099	0.021	0.061	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.025	0.066	0.438	0.283*
LA	0.096	0.025	0.003	0.091	0.004	0.058	0.103	0.093	0.038	0.395	0.068	0.027
AM+Cu	0.094	0.006	0.116	0.008	0.002	0.002	0.159	0.010	0.414	0.001	0.002	0.183*
AA	0.095	0.002	0.084	0.029	0.037	0.066	0.002	0.092	0.327	0.025	0.069	0.170*
ACu	0.091	0.057	0.019	0.029	0.006	0.260	0.136	0.005	0.107	0.107	0.084	0.099
AM-Cu	0.073	0.000	0.353	0.072	0.235	0.104	0.002	0.080	0.006	0.027	0.015	0.032
ARS+M1	0.040	0.425	0.208	0.059	0.008	0.200	0.003	0.007	0.006	0.029	0.005	0.010
CP	0.094	0.042	0.023	0.043	0.017	0.197	0.001	0.137	0.005	0.060	0.289	0.094
LP	0.099	0.007	0.004	0.012	0.001	0.026	0.507	0.014	0.058	0.263	0.008	0.001
PCu	0.076	0.076	0.074	0.000	0.637	0.004	0.012	0.090	0.000	0.003	0.009	0.019
PRS	0.086	0.017	0.003	0.397	0.006	0.077	0.014	0.348	0.011	0.007	0.011	0.025
PM	0.056	0.320	0.053	0.258	0.049	0.006	0.060	0.122	0.003	0.017	0.002	0.055

(*) indicam as nervuras que menos influenciaram na separação das colônias sendo passíveis de descarte. (CA) = comprimento da asa anterior, (LA) = largura da asa anterior, (AM+Cu) = nervura medial + a cubital, (AA) = nervura anal anterior, (ACu) = nervura cubital da asa anterior, (AM-Cu) = nervura medial-cubital, (ARS+M1) = nervura radial sector 1, (CP) = comprimento da asa posterior, (LP) = largura da asa posterior, (PCu) = nervura cubital da asa posterior, (PRS) = nervura radial sector da asa posterior e (PM) = nervura medial da asa posterior.

Na análise da ACP aplicadas às populações de *M. quadrifasciata* do semi-árido da Bahia, os dois primeiros componentes principais explicaram 86% da variação total presente na matriz de covariância entre os caracteres. O primeiro componente explicou cerca de 78%, o segundo 8% (Tabela 6).

Tabela 6 - Autovalores, percentagem e percentagem acumulada das variáveis obtidas com a análise dos componentes principais com a análise de 12 características morfométricas das asas de *Melipona quadrifasciata anthidioides*.

Componentes Principais	Autovalores (λ_i)	Proporção(% α^2)	Percentagem Acumulada(% α_a^2)
1	9.392569	78.27141	78.2714
2	1.040728	8.67273	86.9441
3	0.601459	5.01216	91.9563
4	0.338145	2.81787	94.7742
5	0.239545	1.99621	96.7704
6	0.148755	1.23962	98.0100
7	0.092375	0.76979	98.7798
8	0.063304	0.52753	99.3073
9	0.048398	0.40332	99.7106
10	0.017736	0.14780	99.8585
11	0.010776	0.08980	99.9483
12	0.006210	0.05175	100.0000

A distribuição dos grupos foi representada em um espaço bidimensional utilizando os escores dos dois primeiros componentes principais, a fim de verificar a divergência genética definidos pelos dois primeiros componentes.

A partir das médias dos dois primeiros ACP foi realizado a plotagem do gráfico bidimensional (Figura 9). No gráfico observou-se que algumas populações apresentaram indivíduos dispersos ao longo de ambos eixos CP1 e CP2.

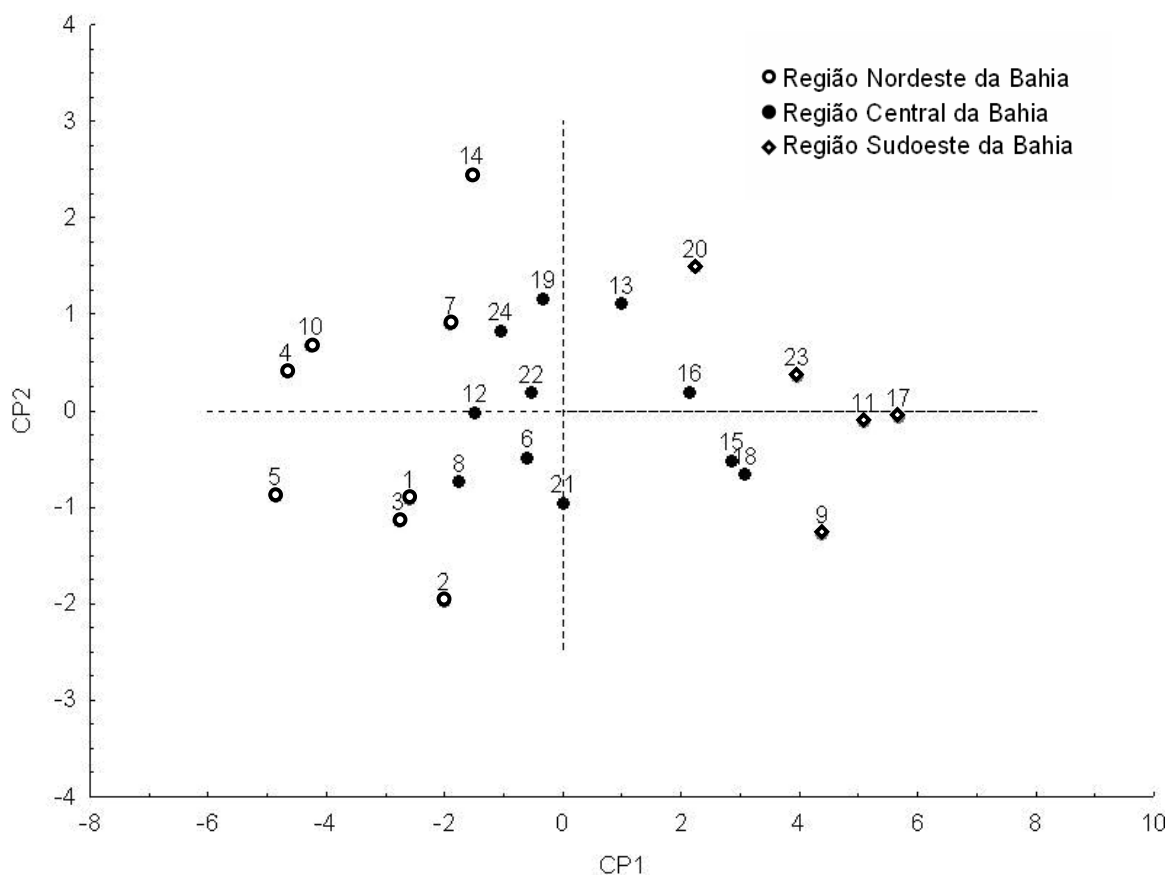


Figura 9 - Dispersão gráfica das colônias de *Melipona quadrifasciata anthidioides* em relação a eixos cartesianos estabelecidos pelos dois primeiros componentes principais (CP1, CP2) onde: 1- Jeremoabo, 2- Barrocas, 3- Tucano, 4- Araci, 5- Quijingue, 6- Itaberaba, 7- Serrinha, 8- Iaçú, 9- Maracás, 10- Teofilândia, 11- Contendas do Sincorá, 12- Lafaiete Coutinho, 13- Itiruçu, 14- Nova Soure, 15- Capim Grosso, 16- Mundo Novo, 17- Tanhaçu, 18- Rui Barbosa, 19- Santa Inês, 20- Vitória da Conquista, 21- Jacobina, 22- Ouroilândia, 23- Ituaçu, 24- Jequié.

A proximidade morfológica entre as populações correspondeu a proximidade geográfica dos locais de coleta das mesmas tendo resultado similar comparada com as análises das variáveis canônicas observando a formação de três

grupos conforme a distribuição geográfica das colônias, um formado por colônias de Jeremoabo, Barrocas, Tucano, Quijingue, Teofilândia, Serrinha, Araci e Nova Soure, as quais se encontram localizadas aproximadamente no Nordeste da Bahia, um segundo grupo formado por Itaberaba, Iaçu, Lafaiete Coutinho, Jequié, Itiruçu, Santa Inês, Jacobina, Orolândia, Capim Grosso, Mundo Novo e Rui Barbosa, distribuídas ao longo da região central da Bahia e o terceiro grupo, formado por Maracás, Contendas do Sincorá, Tanhaçu, Ituaçu e Vitória da Conquista as quais se encontram localizados na região Sudoeste da Bahia.

Os resultados das análises morfométricas mostraram que há variabilidade morfológica entre as populações estudadas de *M. quadrifasciata* ao longo de sua área de distribuição na região do semi-árido na Bahia

Um padrão de ordenação semelhante foi obtido através da análise das variáveis canônicas foi observado quando se utilizou a análise dos componentes principais para todas as combinações de populações (Figura 10). Permitiram a detecção de diferenças entre as populações. Observou-se que a partir dos componentes principais e das variáveis canônicas as dimensões de caracteres morfológicos influenciaram na diferenciação das populações.

A variação entre os caracteres morfológicos entre as populações de *M. quadrifasciata*, em diferentes regiões geográficas, também pode ser atribuída à separação em função das diferentes condições ambientais que prevalecem em cada região. Diferenças de localidades, condições ambientais, variabilidade genética das espécies.

Padrões de variação geográfica analisados utilizando caracteres de tamanho devem ser interpretados pela resposta pleiotrópica para selecionar agentes padronizados no espaço geográfico (DINIZ-FILHO et al., 1998). Trabalhos similares foram realizados por Diniz-Filho e Malaspina (1995) que compararam as diferenças morfológicas existentes entre abelhas melíferas africanizadas e européias, a partir de mensurações obtidas das asas anteriores, observaram padrões de variação geográfica do Sudeste e Sudoeste do Brasil, conforme o processo evolutivo, em que os genes de origem européia vem sendo perdidos devido ao “pool” gênico das africanas na região Neotropical. Diniz-Filho et al. (1998) utilizando características morfológicas com base em análises uni e multivariadas, encontraram uma heterogeneidade espacial entre colônias de *Tetragonisca angustula angustula*,

observaram que a diferenças podem estar associadas a efeitos ambientais e biológicos.

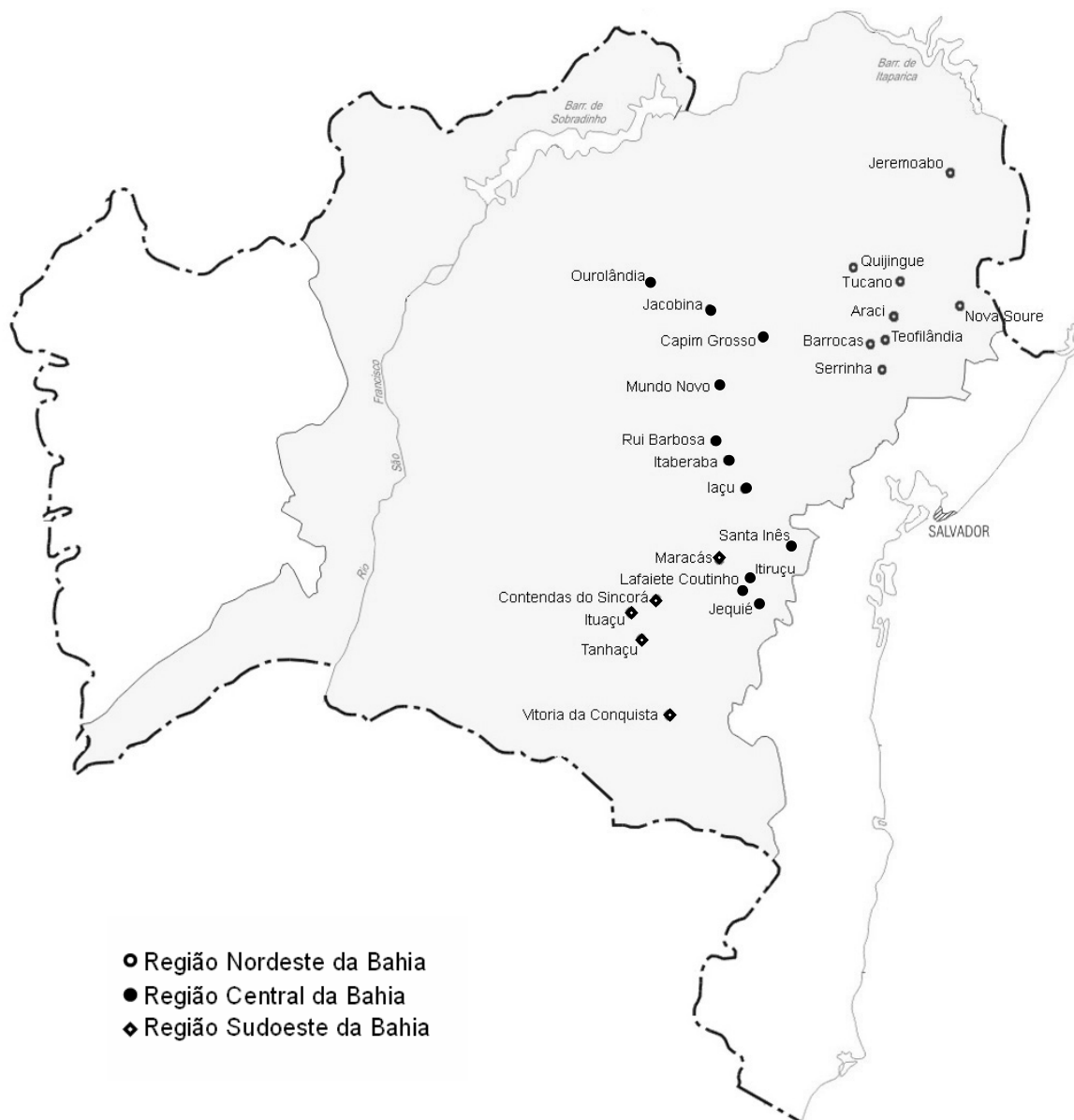


Figura 10 - Localização dos Municípios da região do Semi-árido da Bahia agrupados conforme distribuição geográfica da *Melipona quadrifasciata* utilizando as variáveis canônicas e os componentes principais (Mapa adaptado da SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia).

Análises morfométricas convencionais demonstraram que o tamanho das asas das operárias varia num gradiente, onde, as menores asas são encontradas na

região Sudoeste (localidades de maior altitude) até as asas maiores na região Nordeste do Semi-árido da Bahia.

A análise da existência de uma correlação entre a forma, tamanho, altitude e distância geográfica das 24 colônias de *M. quadrifasciata* distribuída na região do semi-árido da Bahia comparadas por meio do teste de Mantel pode ser observada na tabela 7. O coeficiente de correlação de Mantel pode ser interpretado de forma similar ao r de Pearson, variando entre -1 e +1 (MANLY, 1997).

Tabela 7 - Teste de Mantel para a comparação das matrizes de forma, tamanho, altitude e distância geográfica utilizando medições de asas da *Melipona quadrifasciata anthidioides* com 5000 permutações.

ESTRUTURA	MATRIZES COMPARADAS	r	R ²	P
Asas	TamanhoXDist. Geográfica	0.56028	0.31391	0.0002*
	TamanhoXAltitude	0.19992	0.03997	0.0368*
	TamanhoXForma	0.02966	0.00088	0.3919 ^{NS}

Observando o coeficiente entre as matrizes, verifica-se que existe uma correlação positiva entre as matrizes de distância geográfica e distância de tamanho, bem como a distância de tamanho com a de altitude, com significância alta e margens de erro inferior a 5%, indicando uma colinearidade entre estes efeitos. Pode-se verificar que o tamanho da asa é influenciado pela distribuição geográfica e pela altitude, contudo a maior variação que contribui para a formação dos distintos grupos da *Melipona quadrifasciata* ao longo do semi-árido da Bahia é o efeito da altitude.

Pode-se verificar que o tamanho da asa é influenciado pela distribuição geográfica e pela altitude. Comparando a matriz de tamanho com a matriz de altitude retirando o efeito da distância geográfica verifica-se então que existe uma alta correlação entre os dois primeiros efeitos ($p < 0,01$; $r = 0,54$), comparando a matriz de tamanho e distribuição geográfica retirando o efeito da altitude verifica-se que também há uma correlação ($p < 0,05$; $r = 0,23$), contudo a maior variação que contribui para a formação dos distintos grupos é o efeito da altitude.

CONCLUSÕES

Existe divergência genética significativa ($P \leq 0,001$) entre as populações de *Melipona quadrifasciata* provenientes da região semi-árida do Estado da Bahia, Brazil, provavelmente devido às barreiras geográficas que impedem ou reduzem o fluxo gênico entre as populações desta espécie entre as diferentes localidades dessa região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, F. C.; CRUZ-LANDIM, C. Occurrence, morphology and ultra structure of the Dufour gland in *Melipona bicolor* Lepeletier (Hymenoptera, meliponini). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.48, n.1, p. 9-19, 2004.

ARAÚJO, E. D. et al. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): Interference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology**, v.64, n.3B, p. 563-368, 2004.

BEIGUELMAN, B. **Curso prático de bioestatística**. FUNPEC, SP, 2002, 274p.

CAMPOS, L.A.O. **Determinação das castas no gênero Melipona (Hymenoptera, Apidae): papel do hormônio juvenil**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP. 1975. 44p.

CAMARGO, J. M. F. de et al. Morfologia externa de *Melipona marginata* Lepeletier (Hymenoptera, Apoidea). **Papéis Avulsos de Zoologia**, S. Paulo. v.20, n.20, p.229-258, 1967.

CAVALCANTE, M.I.; LOPES, P.R.D. Variação geográfica de caracteres quantitativo *Ogcocephalus vespertilio* (Linnaeus) (Teleostei, Lophiiformes, Ogcocephalidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v.15, n.1, p. 125-134, 1998.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 2, Viçosa: UFV, 2003, 585p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 2ª edição. VER. UFV – Viçosa, 2001, 253p.

DIAS, L. A. S. **Análises multidimensionais**. In: Alfenas A.C. (Ed). Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins. Viçosa, MG UFV, p. 405-473, 1998.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M. Space-free correlation between morphometric and climatic data: a multivariate analysis of Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) in Brazil. **Global Ecology and Biogeography**. Letters, v.4, p.195-202, 1994.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; MALASPINA, O. Evolution and population structure of Africanized Honey Bees in Brazil: Evidence from spatial analysis of Morphometric data. **Evolution**, v.49, n.6, p. 1172-1179, 1995.

DINIZ-FILHO, J. A. F., et al. Geographic variation of *Tetragonisca angustula angustula* Latreille (Hymenoptera, Meliponinae) in central and southeastern Brazil. **Naturalia** v.3, n. 1, p.193-203, 1998.

FONSECA, R.; PIRES, A.V. Estudo de divergência genética entre raças suínas utilizando técnicas de análise multivariada. **Arq. Brás. Méd. Zootec.** v. 52 n. 4, p. 403-409, 2000.

GARAY, I. E. G.; DIAS, B. F. S. **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias e monitoramento**. Petrópolis: Editora Vozes, 2001, 430p.

HEPBURN, R., NEUMANN, P. RADLOFF S. E. Genetic variation in natural honey bee populations, *Apis mellifera capensis*. Short Communication. **Naturwissens Chafter** v.91, n.9, p.447-450, 2004.

MANLY, B.F.J. **Randomization and Monte Carlo methods in biology**. London: Chapman and Hall, 1991, 281p.

MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. **Princípios de morfometria geométrica**. Ribeirão Preto: Holos. 188p. 1999.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Editora UFMG, 297p., 2005.

NUNES, L. A, et al. Divergência Genética em *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae) com base em Caracteres Morfológicos. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 1-9, 2007.

OLIVEIRA-JR, W. P.; BRANDEBURGO, M. A. M.; MARCOLINO, M.T. Morphometrics and adaptatives aspects in africanized honeybees (*Apis mellifera*). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 2, p.307-314, 2000.

PERUQUETTI, R. C. Variação do tamanho corporal de machos de *Eulaema nigrita* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). Resposta materna à flutuação de recursos. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.20, n.2, p. 207-212, 2003.

PIGNATA, M. I. B.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Phylogenetic autocorrelation and evolutionary canstrains in worker body size of some neotropical stingless bee (Hymenoptera, Apidae). **Heredity**, v.76, p. 222-228, 1996.

PIRES, A.V.; CARNEIRO,P.L.S. et.al. Estudo da Divergência genética entre seis linhas de aves Legorne utilizando técnicas de análise multivariada. **Arg. Brás. Med. Vet. Zootec.** v. 54 n. 3, p.390-395, Belo Horizonte, 2002.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística Aplicada a Experimentos Agronômicos e Florestais**: Exposição com exemplos e orientações para uso de Aplicativos. v. 11, Piracicaba – SP. FEAZQ, 2002, 309p.

REGINATO, R. O.; CRUZ-LANDIM, C. Ovarian growth during larval development of queen and worker of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), a morphometric and histological study. **Brazilian Journal of Biology**. v. 63, n.1, p.121-127, 2003.

RINDERER, T. E. et.al. Morphometric identification of Africanized and European honey bees using large reference populations. **Apidologie**, v.24, n. 1, p.569-585, 1993.

ROHLF, F.J. TPSDIG2 for Windows version 2.10. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook. On line at: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>. Acesso em 20/07/2006.

SAKAGUTI, E.S. **Utilização de técnicas de análise multivariada na avaliação de cruzamentos dialéticos em coelhos**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1994.

SAS. Statistical Analysis System – SAS. User's Guide Version 9.12. Cary: 2004. 295p., 2004.

SCHRÖDER, S. et al. **The New Key to Bees: Automated Identification by Image Analysis of Wings**. In P. G. Kevan, V. L. Imperatriz-Fonseca: Pollinating Bees: The Conservation Link Between Agriculture and Nature, Proc. Workshop on Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture, with Emphasis on Bees, S. Paulo, held in Oct. 1998. Ministry of Environment, Secr. for Biodiversity and Forests, Brazil, p. 209-218, 2002.

SEI <http://www.sei.ba.gov.br> acesso em 20/07/2007

STAT SOFT. **Statistica for windows: versão 6.0. Tulsa, 2006.**

SILVA, J. C. et.al. Aplicação de Análises Multivariadas para Determinação de Casta de Abelhas *Apis mellifera* L. (Africanizadas), obtidas em laboratório. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.34, n.2, p. 567-572, 2005.

WALDSCHMIDT, A. M. **Análises Genética e Morfométrica de Populações de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Hymenoptera: Apidae; Meliponinae)**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999, 120p.

CAPÍTULO 3

DISTÂNCIA MORFOGENÉTICA ENTRE POPULAÇÕES DE *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE) UTILIZANDO MORFOMETRIA GEOMÉTRICA ¹

¹Manuscrito a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Zoologia

**DISTÂNCIA MORFOGENÉTICA ENTRE POPULAÇÕES DE
Melipona quadrifasciata anthidioides LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE)
UTILIZANDO MORFOMETRIA GEOMÉTRICA ¹**

RESUMO

Este trabalho objetivou estudar a divergência entre populações de *Melipona quadrifasciata anthidioides*, utilizando caracteres morfométricos de 24 localidades da região semi-árida do estado da Bahia. Para isto, foram utilizadas 66 colônias sendo analisadas 10 operárias de cada colônia. As análises das distâncias de Procrustes entre as formas médias das asas, indicaram que não há estruturação populacional para a variação da forma das asas. Apesar das populações estarem estruturadas geograficamente pelo tamanho das asas, realizou-se um teste de correlação parcial (teste de Mantel) entre matrizes de distâncias morfométricas (tamanho e forma) com a de altitude, retirando-se o efeito da distância geográfica, verificando que grande parte da variação morfométrica é influenciada pela altitude ($r=0,54$ $p>0.01$) para o tamanho. Para análise de forma não foram encontrados diferenças significativas para a separação entre as colônias, isso pode estar correlacionado às restrições evolutivas relativas aos aspectos aerodinâmicos dessa estrutura para o voo.

PALAVRAS-CHAVE: morfometria, abelha sem ferrão, Meliponini.

**DISTANCE MORPHOGENETIC BETWEEN POPULATIONS OF
Melipona quadrifasciata anthidioides LEPELETIER (HYMENOPTERA: APIDAE)
USING MORPHOMETRIC GEOMETRIC**

ABSTRACT

This work aimed to study the difference between populations of *Melipona quadrifasciata anthidioides*, using characters morphometric of 24 localities of the semi-arid region of the state of Bahia. For this, were used 66 colonies being reviewed

10 workers of each colony. The analysis of the distances of Procrustes between the forms of medium wings, indicated that there is no structure for the population variation of the shape of wings. Despite the populations are geographically structured by the size of the wings, held a partial correlation test (Mantel test) between matrix of distances morphometric (size and shape) with the altitude, removing the effect of geographical distance, it was seen that much of the variation morphometric is influenced by altitude ($r = 0.54$ $p > 0.01$) for the size character. For analysis of form were not found significant differences for the separation of the colonies, it may be linked to restrictions on the evolutionary aspects of the aerodynamic structure for the flight.

KEY-WORDS: morphometric, stingless bee, Meliponini.

INTRODUÇÃO

Melipona quadrifasciata, abelha sem ferrão encontrada na região semi-árida da Bahia e em regiões de clima subúmido, possui importância econômica e ecológica. É criada em caixas racionais e cortiços, porém é pouco estudada principalmente referente a sua distribuição e morfologia.

O significado da morfometria vem sendo definido ao longo do tempo. No entanto, a partir da década de 1980 iniciou-se um desenvolvimento teórico e filosófico que resultou na criação de uma área metodológica a de pesquisa nas fronteiras da biologia, estatística e geometria, a morfometria geométrica (ROHLF e MARCUS, 1993).

Ao longo do desenvolvimento da morfometria geométrica, nas duas últimas décadas, a área de morfometria tornou-se mais consistente. Nos últimos anos, diversos programas para microcomputadores foram desenvolvidos e são disponibilizados gratuitamente. Além disso, o volume de informações bibliográficas sobre morfometria geométrica vem aumentando gradativamente, expondo de forma adequada a teoria, métodos e aplicações em investigações biológicas (MONTEIRO e REIS, 1999).

Entre estes métodos diretos utilizados se destaca a utilização de marcos anatômicos, para representar as formas de uma maneira compreensiva através de

dados numéricos médios. Os dados podem ser obtidos através de coordenadas médias de marcos distribuídos perifericamente, ou dentro das estruturas analisadas, ou das distâncias entre os marcos anatômicos escolhidos diretamente para cada espécie (DI MARE e CORSEUIL, 2004)

A análise quantitativa de marcos anatômicos tem fornecido evidências sobre a variação na simetria das formas e sobre a variabilidade inerente, que pode ser biologicamente relevante (DALY, 1985)

As asas dos insetos são estruturas laminares extremamente interessantes para análises morfométricas bidimensionais, uma vez que são estruturas bastante planas, possibilitando que grande parte das informações de forma sejam extraídas. Outro ponto bastante positivo, do ponto de vista analítico, é a presença de diversos marcos anatômicos formados, principalmente, nas interseções entre as nervuras. Pouco se sabe sobre as implicações funcionais da variação morfológica das asas nos insetos (GRODNTSKY, 2000).

Com relação aos estudos utilizando dados morfológicos em Apidae, Diniz-Filho e Pignata (1996) concluíram que o tamanho do corpo em meliponíneos, em um sentido multidimensional, possui fortes bases genéticas e funcionais, resultantes de um efeito pleiotrópico. A maior parte da variação morfológica nos Meliponini ocorre de forma independente, nas diversas espécies, já que em abelhas sociais o tamanho do corpo das operárias tem sido primariamente explicado como uma adaptação relacionada à atividade de forrageio e exploração de recursos florais (ROUBIK e ACKERMAN, 1987).

Através da análise morfométrica das asas de operárias de *Tetragonisca angustula* foi possível sugerir a sua distribuição geográfica e mistura racial entre a *Tetragonisca a. angustula* e a *Tetragonisca a. fiebrigi* (CASTANHEIRA e CONTEL, 2005).

A definição da forma de uma estrutura biológica é regida por processos que operam em diferentes escalas e níveis organizacionais de complexidade. O aspecto fenotípico macroscópico de uma estrutura biológica é, portanto, o resultado das interações entre regras morfogenéticas e os mecanismos extrínsecos relacionados aos fenômenos ecológicos e às forças evolutivas estocásticas e/ou determinísticas (LEVIN, 1992).

Neste trabalho analisou-se as variações da forma entre operárias de *Melipona quadrifasciata* encontrada na região semi-árida da Bahia, utilizando a morfometria geométrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado num período de março de 2006 a junho de 2007. A amostragem das populações de mandaçaia foi realizada em 24 localidades da região semi-árida da Bahia (Jeremoabo, Barrocas, Tucano, Araci, Quijingue, Itaberaba, Serrinha, Iaçú, Maracás, Teofilândia, Contendas do Sincorá, Lafaiete Coutinho, Itiruçu, Nova Soure, Capim Grosso, Mundo Novo, Tanhaçu, Rui Barbosa, Santa Inês, Vitória da Conquista, Jacobina, Ouro-lândia, Ituaçu e Jequié) (Figura 1 do CAPÍTULO 2). A localização das colônias foi georeferenciada por meio de GPS (ver Tabela 1 do CAPÍTULO 2).

A montagem das lâminas para a análise morfométrica seguiu a metodologia apresentada no CAPÍTULO 2.

A escolha das estruturas anatômicas para a análise foi realizada levando-se em conta a forma geométrica da estrutura pudesse ser bem apresentada num plano bidimensional (Figuras 1 e 2). As asas são estruturas que representam este requisito. Além da forma, a precisão de localização dos marcos anatômicos também foram determinantes para esta escolha.

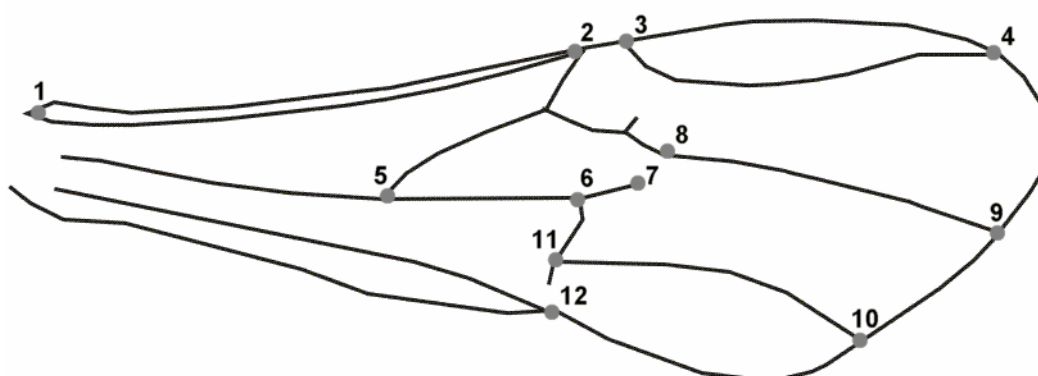


Figura 1 - Morfologia da asa anterior de *Melipona quadrifasciata anthidioides* com os marcos anatômicos utilizados na análise morfométrica.

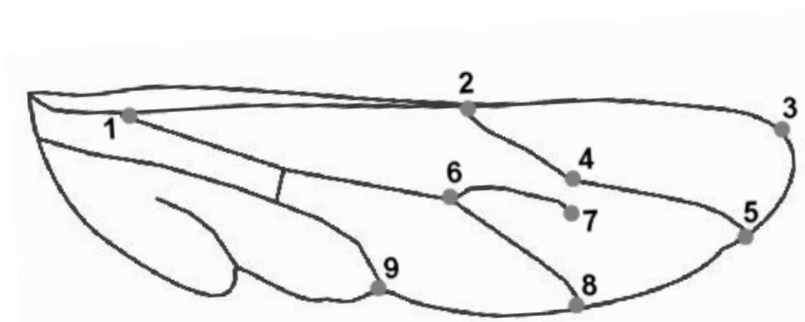


Figura 2 - Morfologia da asa posterior de *Melipona quadrifasciata anthidioides* com os marcos anatômicos utilizados na análise morfométrica.

As análises dos dados foram realizadas utilizando técnicas de morfometria geométrica, obteve-se as distâncias de Procrustes utilizando a estrutura morfológica das asas anteriores e posteriores de operárias. A análise morfométrica foi realizada com caracteres da asa, pois foi verificado em abelhas do gênero *Apis* que a herdabilidade deste caráter é usualmente alta sendo pouco influenciada pela variação do ambiente (DINIZ-FILHO e BINI, 1994).

Os marcos anatômicos foram transformados em coordenadas cartesianas e analisados pelo método de superposição ortogonal pelos quadrados mínimos. As medidas foram realizadas no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Análise estatística

As coordenadas cartesianas dos marcos anatômicos de cada conjunto amostral foram adquiridas e salvas como matrizes no formato nts usando-se o programa TpsDig (ROHLF, 2006).

A partir dos marcos anatômicos obteve-se 66 matrizes da asa anterior e 66 da asa posterior, em seguida obteve-se uma configuração da forma média das colônias de cada unidade amostral. Cada forma média foi representada por uma matriz semelhante imagem ilustrada na figura 1, resultando assim em 24 matrizes da asa anterior e 24 matrizes da asa posterior.

As coordenadas dos marcos anatômicos sofreram efeitos de superposição ortogonal por meio de configurações de critério dos quadrados mínimos utilizando o programa GRF-ND (SLICE, 1999). A técnica utilizada para superposição minimiza a soma do quadrado das distâncias entre os marcos anatômicos homólogos, por parâmetros que rotacionam, transladam e proporcionalizam as configurações. A

partir das coordenadas resultantes foi obtida a forma média para cada unidade amostral.

Após os ajustes de tamanho, posição e orientação realizadas pelo programa GRF-ND (SLICE, 1999), foram salvas as formas médias para a obtenção das distâncias de Procrustes por meio do programa TPS-SMALL (ROHLF, 2003). Em seguida, utilizando o programa NTSYSpc, aplicou-se o teste de Mantel, utilizando 5000 permutações, para avaliar a correlação entre as matrizes de distâncias de Procrustes, distâncias de Mahalanobis, distância geográfica e altitude e a análise de agrupamento UPGMA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A forma de consenso e a variação dos pontos indicada pelos vetores produzidos, entre as asas anterior e posterior da *Melipona quadrifasciata* estão representadas nas figuras 3 e 4.

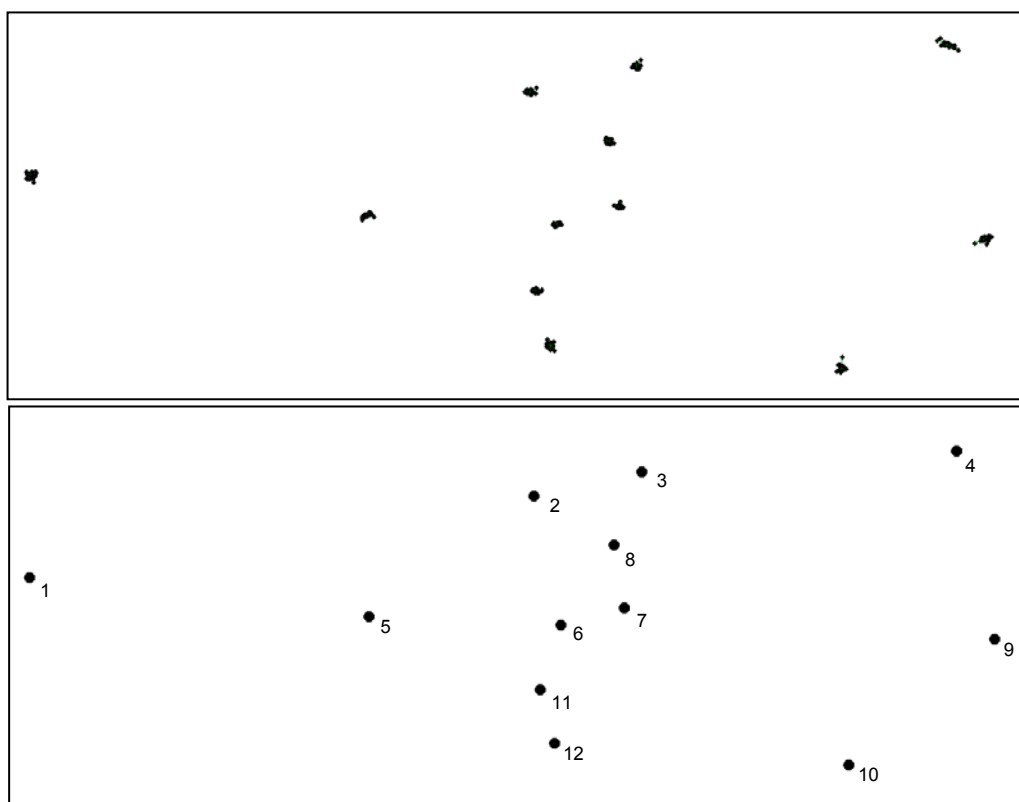


Figura 3 - Variação dos pontos e forma média dos 12 marcos anatômicos da asa anterior da *Melipona quadrifasciata anthidioides*, indicada pelos vetores a partir da forma de consenso.



Figura 4 - Variação dos pontos nos 9 marcos anatômicos, indicada pelos vetores (acima) a partir da forma de consenso da asa posterior da *Melipona quadrifasciata anthidioides*.

As matrizes de distâncias de Procrustes entre as colônias foram analisadas pelo método de UPGMA resultando em arranjos a partir das distâncias de forma das asas entre as colônias de *M. q. anthidioides*. O coeficiente de correlação cofenética foi de 0,7 para asas, sendo pouco representativo. O dendrograma encontra-se ilustrado na Figura 5.

Pelo dendrograma gerado por UPGMA, verifica que não há nenhuma estruturação coerente na formação dos grupos, a partir da análise da forma da asa. Podendo ser verificado pelo diagrama de dispersão das formas das asas no espaço dos dois componentes uniformes e no espaço das duas deformações relativas (Figura 6 e 7).

Como não houve uma estruturação dos grupos analisando a forma da asa, foram geradas quatro matrizes triangulares referentes a distância de forma (Procrustes), a distância geográficas, a altitude e a matriz de distância de tamanho (Mahalanobis), a fim de verificar se a atuação em conjunto ou a eliminação destes fatores podem contribuir para a separação da população de *M. quadrifasciata* em grupos.

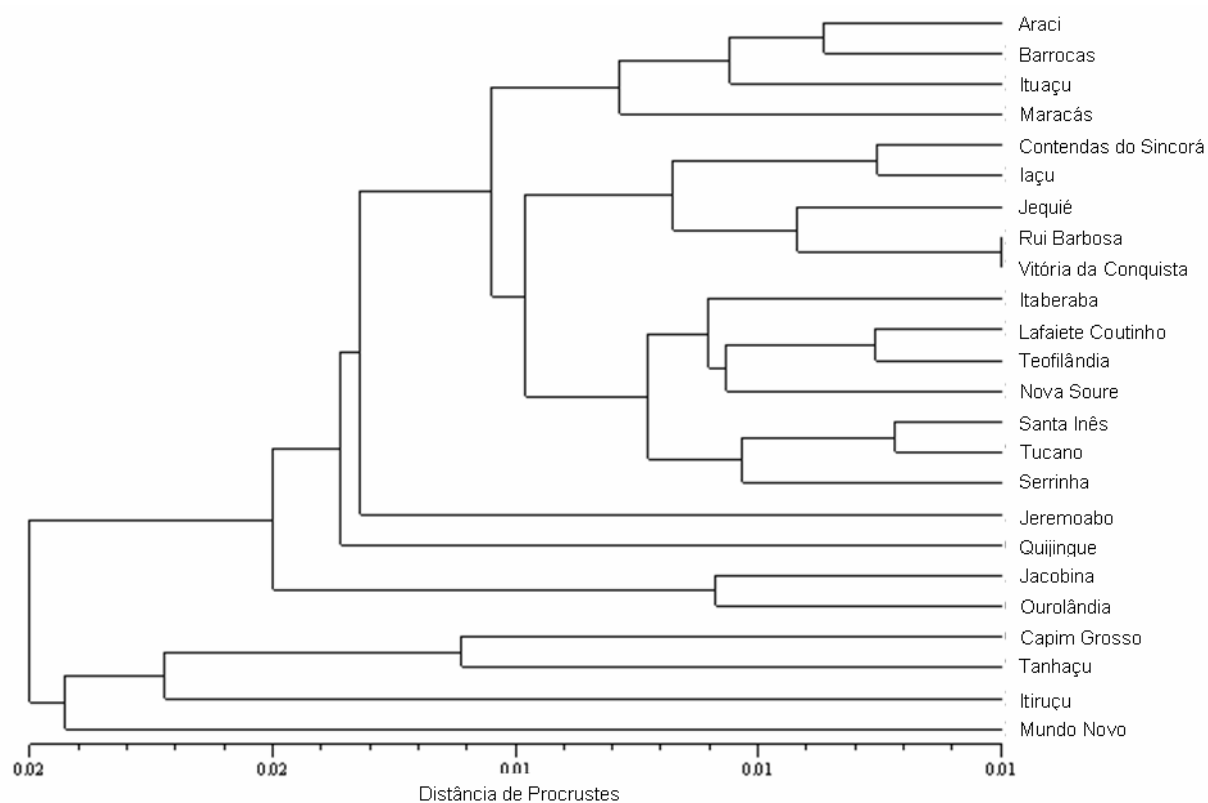


Figura 5 - Padrão de similaridade e distância de forma (Procrustes) das asas de *Melipona quadrifasciata anthidioides* provenientes de 24 localidades do semi-árido da Bahia, obtidas pelo método de agrupamento UPGMA.

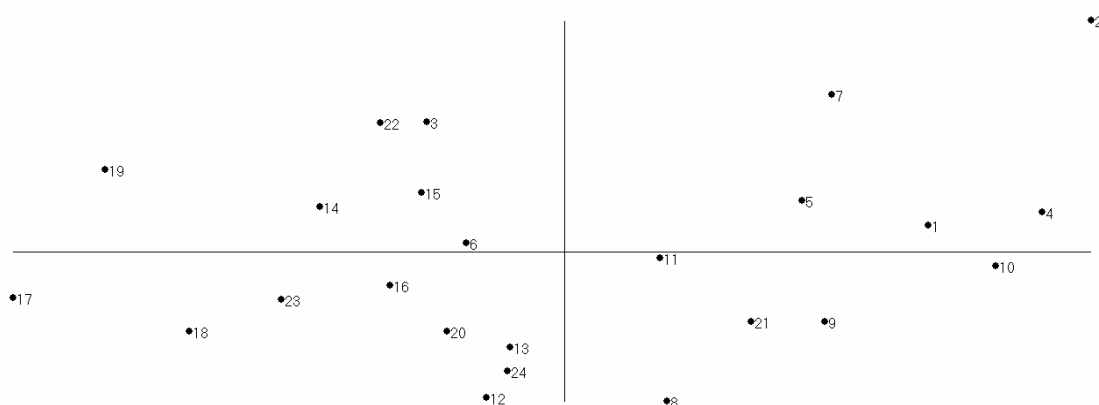


Figura 6 - Diagrama de dispersão das asas anteriores de *Melipona quadrifasciata anthidioides* provenientes de 24 localidades do semi-árido da Bahia, no espaço das duas primeiras deformações relativas.

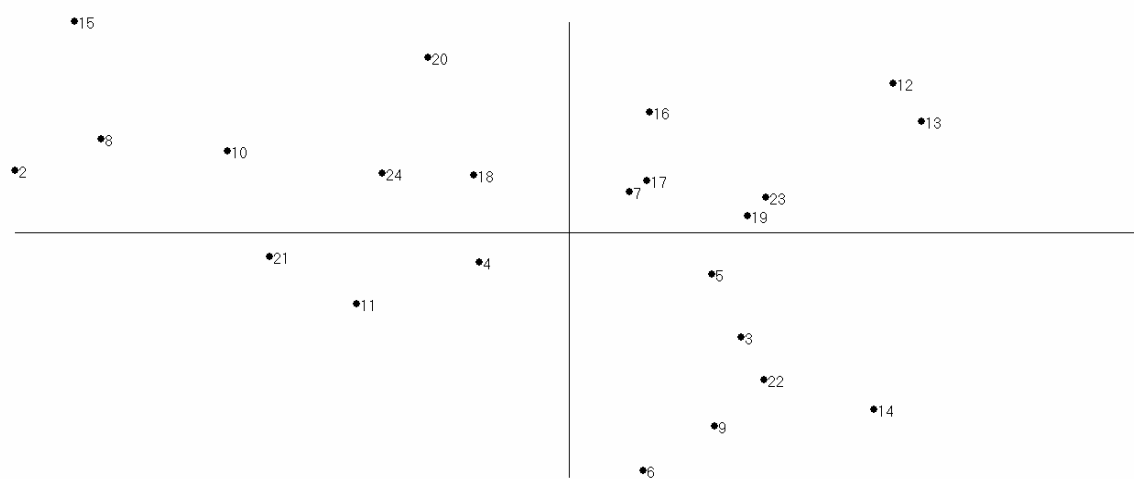


Figura 7 - Diagrama de dispersão das asas posteriores de *Melipona quadrifasciata* provenientes de 24 localidades do semi-árido da Bahia, no espaço das duas primeiras deformações relativas.

O espaço de medida dessas distâncias geométricas não é euclidiano, e sim, o espaço curvo de Kendall. Cada configuração de forma média de asas representa um ponto no espaço curvo de Kendall e é métrica utilizada para calcular as distâncias entre os pontos nesse espaço é a distância de Procrustes (MONTEIRO e REIS, 1999). Desta forma verificou-se as distâncias de forma das asas anterior e posterior de *Melipona quadrifasciata anthidioides*.

Apesar de não serem lineares, as distâncias de Procrustes seguem um padrão de curvatura geodésico, de forma que a diferença entre a distância linear Euclidiana e a distância de Procrustes aumenta com o aumento da distância dos pontos na espaço de Kendall. Por outro lado, a curvatura é insignificante quando são consideradas distâncias muito pequenas para o espaço de Kendall (ARAÚJO, 2002).

A análise da existência de uma correlação entre a forma, tamanho, altitude e distância geográfica das 24 colônias de *M. quadrifasciata* distribuída na região do semi-árido da Bahia comparadas por meio do teste de Mantel pode ser observada na tabela 2. O coeficiente de correlação de Mantel pode ser interpretado de forma similar ao r de Pearson, variando entre -1 e +1 (MANLY, 1997).

Tabela 2 - Teste de Mantel para a comparação das matrizes de forma, tamanho, altitude e distância geográfica utilizando medições de asas da *Melipona quadrifasciata anthidioides* com 5000 permutações.

ESTRUTURA	MATRIZES COMPARADAS	r	R ²	P
	TamanhoXForma	0.02966	0.00088	0.3919 ^{NS}
	FormaXDist. Geográfica	0.05747	0.00330	0.2617 ^{NS}
	FormaXAltitude	0.05747	0.00330	0.2569 ^{NS}
	AnteriorXPosterior	0.30572	0.09346	0.0232*

Verifica-se que não há correlação entre o tamanho e a forma (Distância de Procrustes) da asa ($P > 0,05$), isto é, o tamanho não influencia a forma da asa e vice-versa, demonstrando que estas conformações são independentes. Observa-se que a forma das asas também há pouca correlação com distribuição geográfica e com a altitude, não influenciando a formação de grupos. Diferentemente de outros trabalhos que demonstravam grande estruturação geográfica do tamanho do corpo das abelhas, isso não parece ocorrer com a variação de forma das asas, o que pode estar correlacionado às restrições evolutivas relativas aos aspectos aerodinâmicos dessa estrutura para o voo.

Por outro lado, a análise comparando as matrizes de distância de Procrustes utilizando as formas médias da asa anterior e posterior obteve-se $p < 0,05$ e $r = 0,31$ verificando que houve uma relação mútua entre essas estruturas. Isso ocorre por serem estruturas correlacionadas, estarem associadas a atividades similares e provavelmente sofreram adaptações juntas existindo assim uma estruturação entre ambas. As análises de correlação parcial, envolvendo três matrizes, possibilitam que um dos efeitos tamanho, forma, distribuição geográfica e altitude sejam controlados.

A forma pode ter mais restrição evolutiva comparando com o tamanho ou a deriva genética, por não estarem associados ao clima ou a variação geográfica. O tamanho pode estar relacionado ao efeito pleiotrópico, podendo ainda ser influenciado por vários genes. Fatores ambientais com cadeias montanhosas, fragmentação de habitats, desmatamento são fatores que também podem influenciar na separação das colônias.

A deriva genética faz que alguns alelos passem de uma geração para outra em maior ou menor frequência, podendo ser perdidos ou fixados aleatoriamente. Ao

contrário da seleção natural a deriva genética atua sobre os alelos que não interferem de alguma forma sobre a sobrevivência e/ou reprodução, sendo, portanto, neutros quanto ao valor adaptativo. A fixação de um alelo por deriva depende diretamente de sua frequência inicial na população, e esse processo ocorre em toda população finita, mas é tanto mais rápido quanto menor for a população (ARAÚJO, et al., 2000). A deriva genética pode representar um fator determinante no processo evolutivo, especialmente quando associada à monoandria, às populações pequenas e à fragmentação de habitat, tendo como consequência a divergência entre as populações locais, a redução da variabilidade genética dentro das populações e o aumento do risco populacional.

A fragmentação de habitats é um dos fatores que contribui para diminuição da variabilidade genética, desta forma, é interessante o estabelecimento de criações racionais (meliponicultura), a fim de obter um manejo adequado destas populações em ambientes perturbados com o objetivo de manter estes indivíduos na natureza.

Estudos similares realizado por Diniz-Filho et al. (1998), verificaram que em populações de *Tetragonisca angustula angustula* também não apresentou uma estruturação geográfica, apresentando baixa correlação cofenética e que o tamanho é mais influenciado no espaço geográfico. Araújo et al., (2000) avaliaram por meio de um programa computacional o tempo de extinção de populações locais de *Melipona* através da redução estocástica do alelo X_0 , e observaram que o desequilíbrio pode afetar algum alelo podendo perdê-lo ou fixar por meio da deriva genética, o que favorece a heterozigose e conseqüentemente a formação de machos diplóides. Hoffmann e Shirriffs (2002) verificaram em *Drosophila serrata* a forma da asa independe do tamanho e que existe pouca influência da forma na diferenciação morfológica dos indivíduos. Pretorios (2005) verificou por meio da morfometria geométrica que no gênero *Tachysphex* as asas de machos e operarias diferem entre si, sendo recomendado que para a avaliação de divergência morfológica entre as colônias sejam utilizados apenas uma das duas castas.

CONCLUSÕES

As análises das formas médias das asas anterior e posterior de *Melipona quadrifasciata* não indicaram variação entre as colônias, não se mostrando divergentes conforme a forma das asas.

Pelo teste de Mantel verificou-se que o tamanho das asas são influenciados pela distância geográfica e principalmente pela altitude, porém para a forma das asas foram encontradas diferenças, que podem estar relacionada com as restrições evolutivas referente a estrutura de vôo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E. D. et al,. Extinção de populações locais do gênero *Melipona* (Hymenoptera: Meliponinae): Efeito do tamanho populacional e da produção de machos por operárias. **Naturalia**, v.25 p. 287-299, 2000.

ARAÚJO, E. D. Análise morfogeométrica de caracteres estruturais de abelhas eussociais (Hymenoptera: Apidae). Tese (Doutorado em Zoologia) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, SP, 2002, 114p.

CASTANHEIRA, E.B.; CONTEL, E.P.B. Geographic variation in *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). **Journal of Apicultural Research** v. 44, n. 3, p. 101-105, 2005.

DALY, H.V. Insect morphometrics. **Annual Review of Entomology**, n. 30, 415-438, 1985.

DINIZ-FILHO, J. A. F. et al. Geographic variation of *Tetragonisca angustula angustula* Latreille (Hymenoptera, Meliponinae) in central and southeastern Brazil. **Naturalia** v.23, p 193-203, 1998.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M. Space-free correlation between morphometric and climatic data: a multivariate analysis of Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) in Brazil. **Global Ecology and Biogeography**, Letters, v.4, p.195-202, 1994.

DINIZ-FILHO, J.A.F; PIGNATA, M.I.B. Phylogenetic autocorrelation and evolutionary constraints in worker body size of some neotropical stingless bees (Hymenoptera, Apidae). **Heredity**, v.76, p. 222-228, 1996.

DI MARE, R.A. e CORSEUIL, E. Morfometria de Papilioninae (Lepidoptera, Papilionidae) ocorrentes em quatro localidades do Rio Grande do Sul, Brasil. III. Análise da forma das asas através de marcos anatômicos. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21 n.4 p.847–855, 2004.

GRODNITSKY , D. L. **Form and Function of Insect Wings**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 1999, 261p. In Book Reviews, Systematic Entomology, 2000.

HOFFMANN, A. A.; SHIRRIFFS, J. Geographic variation for wing shape in *Drosophila serrata*. **Evolution**, v.56, n. 5, p. 1068-1073, 2002.

LEVIN, S.A. The problem of pattern and scale in ecology. **Ecology**, v.73 n.6 p. 1943-1967, 1992.

MANLY, B.F.J. **Randomization and Monte Carlo methods in biology**. London: Chapman and Hall, 1991, 281p.

MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. **Princípios de morfometria geométrica**. Ribeirão Preto: Holos. 188p. 1999.

PRETORIUS, E. Using geometric morphometrics to investigate wing dimorphism in males and females of Hymenoptera – a case study based on the genus *Tachysphex* Kohl (Hymenoptera: Sphecidae: Larrinae). **Australian Journal of Entomology**, v.44, p.113-121, 2005.

ROHLF, F.J.; MARCUS, L.F. A revolution in morphometrics. **Tree**, v.8, p.129-132, 1993.

ROHLF, F.J. TPS SMALL for Windows version 1.20. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook. 2003. On line at: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>, acesso em 10 de abril de 2007.

ROHLF, F.J. TPSDIG2 for Windows version 2.10. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook. On line at: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>. Acesso em 20/07/2006.

ROHLF, F.J.; MARCUS, L.F. A revolution in morphometrics. **TREE**, v. 8, 129-132, 1993.

ROUBIK, D.W.; ACKERMAN, J.D. Long-term ecology of euglossine orchid-bees in Panama. **Oecologia**, v. 73, p. 321-333, 1987.

SLICE, D. GRF-ND for Windows version 6. 1999. On line at: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>, acesso em 10 de abril de 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Melipona quadrifasciata anthidioides possui uma ampla área de distribuição na região do semi-árido do estado da Bahia, diferindo em localização da outra espécie de mancaçaia, a *Melipona mandacaia*. Essa separação geográfica é influenciada pelo clima, vegetação e relevo, sendo verificada ao longo da região central da Bahia, na cadeia montanhosa da Serra do Espinhaço.

Há, também, diferenças intercoloniais de *M. quadricasciata anthidioides*, determinada através dos caracteres morfoméricos das asas anterior e posterior, onde se constatou divergência morfométrica significativa ($P \leq 0,001$) entre as populações. Provavelmente isso ocorreu devido às barreiras geográficas que impedem ou reduzem o fluxo gênico entre as populações desta espécie entre as diferentes localidades dessa região.

O Teste de Mantel mostrou que o tamanho das asas é influenciado pela distância geográfica e principalmente pela altitude. Contudo, na forma das asas anteriores e posteriores não foram encontradas diferenças significativas. Isso pode estar relacionada com as restrições evolutivas referente à estrutura de vôo.